

UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE
FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES



MASTER RECHERCHE EN SCIENCES ET TECHNOLOGIES

BIODIVERSITÉ TROPICALE

Spécialité : Écosystèmes naturels et exploités

**La faune du sol dans l'agriculture : cas de la
bananeraie, sous différentes pratiques
culturales.**

Thomas Chevrollier



Co-encadrants :

DOREL Marc ; Chercheur CIRAD

LORANGER-MERCIRIS Gladys ; Maître de conférences UAG

*CIRAD, Station de Neufchâteau 97130 Capesterre Belle-Eau
Université des Antilles et de la Guyane, EA 926 DYNECAR, Campus de Fouillole, 97157
Pointe-à-Pitre*

Soutenu le : 25 juin 2009

N° 2009 - 04

Remerciements

Un grand merci à tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à ce stage et à la réalisation de ce rapport.

Tout d'abord, toute ma reconnaissance va à Gladys Loranger-Merciris et à Marc Dorel, qui m'ont accordé leur confiance, qui m'ont encadré de la meilleure manière qui soit, en alliant autonomie et suivi continu de l'avancée du travail et qui m'ont permis d'acquérir de nombreuses connaissances dans leurs domaines respectifs.

Je remercie également très chaleureusement les techniciens agricoles de la station CIRAD de Neufchâteau, sans qui aucune expérimentation ne pourrait être menée à bien. Je tiens plus particulièrement à remercier Alexin, sans qui je n'aurais pu réussir mes sorties sur terrain, qui a participé activement et avec toute sa bonne humeur au bon déroulement des échantillonnages, tout en portant un grand intérêt à l'étude en elle-même.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont apporté leur soutien, leurs critiques sur le mémoire, c'est-à-dire mes parents, mes colocataires, mes amis...

Une pensée va à tout le personnel, tous les stagiaires et tous les thésards du CIRAD et de l'équipe du laboratoire DYNECAR.

Sommaire

1. <u>Introduction</u>	1
1.1. <u>Les agroécosystèmes</u>	1
1.2. <u>La biodiversité dans l'agriculture</u>	2
1.2.1. <i>Rôles</i>	3
1.2.2. <i>Groupes fonctionnels d'organismes du sol</i>	3
1.3. <u>Couverture du sol, couverture végétale</u>	4
1.4. <u>Objectif et hypothèses de travail</u>	5
2. <u>Matériels et méthodes</u>	6
2.1. <u>Dispositif expérimental</u>	6
2.2. <u>Sol et climat</u>	7
2.2.1. <i>Sol</i>	7
2.2.2. <i>Climat</i>	7
2.3. <u>Echantillonnage de la faune du sol</u>	7
2.3.1. <i>Macrofaune</i>	8
2.3.2. <i>Mésafaune</i>	9
2.4. <u>Propriétés physiques du sol</u>	9
2.5. <u>Traitement des données</u>	10
2.5.1 <i>Représentations graphiques</i>	10
2.5.2. <i>Indices de diversité</i>	11
2.5.3. <i>Analyses statistiques</i>	12
3. <u>Résultats</u>	15
3.1. <u>Propriétés physiques du sol</u>	15
3.1.1. <i>Indices volumétriques</i>	15
3.1.2. <i>Test de stabilité structurale</i>	15
3.2. <u>Faune du sol</u>	16
3.2.1. <i>Abondances et diversités spécifiques</i>	16
3.2.2. <i>Diagrammes rang-abondance</i>	22
3.2.3. <i>Indices de diversité</i>	26
3.2.4. <i>Analyses multidimensionnelles</i>	27
4. <u>Discussion</u>	31
5. <u>Conclusion et perspectives</u>	36
6. <u>Références bibliographiques</u>	37

1. Introduction

La banane *Musa acuminata* est le quatrième produit alimentaire d'exportation au monde, impliquant plus de 120 pays, principalement localisés en zone tropicale humide. En Guadeloupe, la filière bananière est l'un des piliers de l'économie agricole. La banane représente 24% de la production agricole locale, occupe 12% de la surface agricole, génère environ 5.000 emplois directs et reste le premier produit d'exportation devant la canne à sucre (de Barros *et al.* 2009). La production bananière est aujourd'hui confrontée à de nombreux problèmes. Le premier problème est lié à l'utilisation d'intrants chimiques qui causent d'énormes préjudices à l'environnement (cf. crise de la chlordécone, Cabidoche *et al.* 2006). La situation économique actuelle est également un problème : la communauté d'exploitants est de plus en plus dépendante des systèmes mécanisés et des intrants onéreux, alors même que la conjoncture est défavorable. Enfin, il existe de nombreux problèmes de pestes et de maladies, liés au fait que la banane est une monoculture clonale, ce qui la rend très sensible à l'attaque de parasites notamment. La filière bananière se doit d'être totalement repensée, pour faire face à cette crise.

Alors que ce n'est pas apparent à l'œil nu, le sol est un des habitats les plus diversifiés sur Terre et contient un assemblage d'espèces très nombreuses (Andrén & Balandreau 1999). Le sol n'abrite pas seulement la plus large proportion de la biodiversité de la Terre mais il fournit aussi le substrat physique pour les activités humaines. Le sol abrite une communauté biologique complexe parce qu'il présente une très haute hétérogénéité physique et chimique, des fortes variations microclimatiques et parce qu'il abrite des organismes qui, ayant des phénologies et des microhabitats différents, permettent le développement et le maintien d'un très grand nombre de niches écologiques (Barrios 2007).

La conversion des écosystèmes naturels en agroécosystèmes, permettant de produire plus de nourriture, est la plupart du temps une réponse naturelle des gouvernements à l'augmentation de la population humaine. Cette transformation amène généralement à une dégradation chimique, physique et biologique des sols (Blanchart *et al.* 2004, Barrios 2007). Traditionnellement, l'évaluation des impacts de l'agriculture sont limités à l'évaluation des changements dans les propriétés physiques et chimiques du sol (Ferraro & Ghera 2007). Pourtant, toutes ces propriétés physiques et chimiques du sol, essentielles pour la bonne croissance des cultures présentes, dépendent des organismes qui les contrôlent et qui interagissent. De plus, les compartiments végétaux et édaphiques sont interdépendants car les plantes jouent le rôle de source de carbone pour la microflore et la faune du sol, et celles-ci en retour redonnent des nutriments sous une forme simple, qui sont absorbés par la plante (Wardle 1999; Barrios 2007; Pattison *et al.*, 2008).

1.1. Les agroécosystèmes

Les agroécosystèmes peuvent être définis comme des écosystèmes qui ont été délibérément simplifiés par l'Homme et qui ont pour objectif la production de biens spécifiques aux humains. La simplification amène à l'utilisation de quelques espèces végétales et animales. Dans un sens

écologique, ce système peut être vu comme celui qui est maintenu par des perturbations fréquentes, dans un stade de succession précoce. Les agroécosystèmes sont gérés par la substitution et la supplémentation de nombreuses fonctions naturelles de l'écosystème par le travail de l'Homme et/ou par l'énergie pétrochimique et ses produits dérivés. Les exemples de services de l'écosystème particulièrement importants pour les agroécosystèmes et les paysages agricoles sont : le maintien d'une diversité génétique essentielle pour des récoltes et des élevages prospères ; les cycles de nutriments ; le contrôle biologique des maladies et des parasites ; le contrôle de l'érosion et la rétention de sédiments ; et la régulation de l'eau (Swift *et al.* 2004). Le premier et le plus évident des rôles de la biodiversité dans ce contexte est d'assurer la multiplicité des fonctions qui peuvent être attribués aux organismes du sol. Un second, en corrélation avec la biodiversité est en plus de s'assurer que ces fonctions soient maintenues, face à d'éventuelles perturbations (Giller *et al.* 1997).

1.2. La biodiversité dans l'agriculture

Les organismes représentent un des cinq facteurs majeurs de la formation des sols (Coleman 2008). Ainsi, le fonctionnement du sol est affecté par l'abondance et la diversité des organismes du sol (Loranger *et al.* 1998). En accord avec de récentes estimations, les animaux du sol représenteraient à peu près 23% de la diversité totale des organismes vivants qui ont été décrits à ce jour (Lavelle *et al.* 2006). Les auteurs s'accordent à dire que la faune et flore du sol jouent un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres. Ils sont ainsi considérés comme le système supportant la vie sur notre planète. Tout ceci a provoqué un intérêt renaissant pour la biodiversité du sol et ses rôles fonctionnels (Barrios 2007).

Dans un agroécosystème, la biodiversité comprend la biodiversité « prévue », i.e. les produits de culture et/ou le bétail que les fermiers désirent produire, mais aussi la biodiversité « imprévue », i.e. toute la faune et flore existantes, et introduites dans le système. Cette faune et cette flore peuvent être considérées comme bénéfiques, comme les insectes pollinisateurs, ou nuisibles, comme les pathogènes, les parasites ou les mauvaises herbes. Toute cette biodiversité « imprévue » peut devenir « prévue » dans le sens où elle est gérée de façon utile. Une telle gestion peut être dirigée vers l'élimination des pestes par exemple (amélioration des processus contrôlant les populations) ou les processus de l'écosystème, comme la fixation de l'azote, qui sont associés respectivement à la diversité des espèces et à celle des groupes fonctionnels (Brussaard *et al.* 2007).

Parmi les animaux qui composent la faune du sol, la macrofaune édaphique comprend les plus gros invertébrés (diamètre > 2mm), incluant des groupes comme les fourmis, les coléoptères, les araignées, les vers, les myriapodes, les termites, etc. La mésofaune, quant à elle, comprend les invertébrés plus petits (diamètre < 2mm), comme les acariens et les collemboles.

1.2.1. Rôles

Barros *et al.* (2004) ont confirmé dans leur étude que les activités de la faune et les propriétés physiques des sols étudiés sont étroitement liées et que les activités humaines exercent un effet majeur sur ces interactions. Les organismes édaphiques sont cruciaux pour les cycles biogéochimiques qui soutiennent le fonctionnement de la biosphère.

Les invertébrés jouent un rôle majeur dans la fertilité du sol en brassant horizons organiques et minéraux, en augmentant la macroporosité, en améliorant l'alimentation en eau et en stimulant la minéralisation de la matière organique. Ces processus aident à améliorer la structure du sol, les échanges gazeux, l'infiltration et la rétention d'eau et la mise à disposition des nutriments (de Ruiter *et al.* 1998, Kladvko 2001, Ettema & Wardle 2002, Swift *et al.* 2004, Barrios 2007). De plus, l'abondance et la biodiversité de la faune du sol aide à prévenir le développement de pestes dans les agroécosystèmes grâce aux ennemis naturels de celles-ci (Wardle *et al.* 1999, Brévault *et al.* 2007).

La macrofaune et la mésofaune sont souvent perçues comme des indicateurs de la qualité du sol, du fait qu'ils intègrent la plupart des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Les sols tropicaux dépourvus totalement ou partiellement de méso- et macrofaune sont particulièrement vulnérables à la compaction et à l'effondrement de la structure. Cet état de fait peut empêcher l'infiltration de l'eau et la pénétration des racines, contribuer à l'érosion et à la dégradation rapide du sol (Brévault *et al.* 2007). La disparition de ces organismes dans les agroécosystèmes des régions semi-arides tropicales peut être due à différents facteurs tels que la combustion des résidus de culture, le labourage, la préparation mécanisée de semis, l'utilisation de pesticides et à la monoculture (Brévault *et al.* 2007).

1.2.2. Groupes fonctionnels d'organismes du sol

Les ingénieurs de l'écosystème sont les organismes qui directement ou indirectement contrôlent la disponibilité des ressources pour les autres organismes en modifiant l'environnement biotique ou abiotique. Les effets écologiques de l'ingénierie sur les autres espèces se produisent du fait que les changements d'état physique contrôlent directement ou indirectement les ressources utilisées par ces autres espèces (Jones *et al.* 1997; Wolters *et al.* 2000). Les ingénieurs écologiques du sol construisent de grandes et résistantes structures organo-minérales qui peuvent persister durant de longues périodes (des mois voire des années) et qui peuvent profondément affecter l'environnement pour des organismes plus petits. Ces invertébrés peuvent développer des relations mutualistes avec les microorganismes qui vivent dans leurs systèmes digestifs ou dans les structures qu'ils ont construites (Lavelle *et al.* 1998). Ce groupe inclut les termites, les vers de terre et les fourmis.

A un niveau plus bas de la hiérarchie, les transformateurs de la litière produisent de simples structures organiques qui sont bien moins persistantes (Giller *et al.* 1997 ; Byers *et al.* 2006). Leur rôle essentiel est de modifier la litière, i.e., les débris végétaux et animaux qui tombent au sol. En réduisant cette litière en particules minuscules, ils en modifient la nature physique et chimique, faisant

généralement baisser son rapport C/N (par leur respiration et leur assimilation), la rendant ainsi plus favorable à l'activité microbienne et à une décomposition plus poussée. Ils peuvent permettre aussi une meilleure disponibilité de certains éléments nutritifs pour la plante (Lavelle *et al.* 1998).

Enfin, il y a les prédateurs, qui contribuent à une régulation de l'activité biologique du sol, en agissant au plus haut rang de la chaîne trophique inféodée au sol, en se nourrissant de tous les autres organismes (Brévault *et al.* 2007).

Les règles gouvernant la stabilité des réseaux trophiques et la force des interactions entre les différents groupes sont peu connues et expliquées. Cependant, la perte de certains groupes peut avoir des effets exagérés et surprenants sur la stabilité (de Ruiter *et al.* 1995 ; Wardle *et al.* 1995 ; Giller *et al.* 1997). Si un système est considéré stable quand tous les groupes fonctionnels peuvent persister, alors la perte d'un groupe représente la perte d'un composant de l'organisation énergétique de cette communauté et en conséquence une perte dans le fonctionnement de l'écosystème (de Ruiter *et al.* 1998).

En théorie, une importante redondance fonctionnelle amène à une meilleure habilité d'une fonction particulière à résister à des stress (i.e. plus forte est la résilience) et à une stabilité des propriétés de l'écosystème. Ceci reste à démontrer pour les organismes du sol. En effet, les relations entre la diversité de ces derniers et le fonctionnement de l'écosystème ne sont pas forcément évidentes, car ces interactions dépendent de nombreux facteurs directs et indirects comme les effets des ingénieurs, des réseaux trophiques et des relations mutualistes, symbiotiques et antagonistes parmi la faune du sol et les plantes (Giller *et al.* 1997, Wolters *et al.* 2000, Brussaard *et al.* 2007, Coleman 2008). D'une manière générale, les différences fonctionnelles entre les espèces restent essentielles à considérer dans le but d'améliorer les connaissances sur les conséquences de la perte d'espèces (Thébaud & Loreau 2006).

Pour éviter la perte d'espèces, il est souvent conseillé de mettre en place des pratiques culturales innovantes. Les changements proposés concernent le plus souvent le travail du sol, la diversification de la flore présente ou la couverture du sol. C'est sur cet aspect là des pratiques innovantes que nous allons maintenant nous intéresser.

1.3. Couverture du sol, couverture végétale

Des études montrent qu'une couverture de litière permanente limite la perte de diversité et d'abondance de la macrofaune du sol. La couverture végétale au sol et la litière contribuent à une plus forte abondance de la faune du sol (Barros *et al.* 2002). De plus, cette couverture, ou cette litière, est importante pour l'établissement d'une faune du sol diversifiée (Barros *et al.* 2002). Par exemple, la diversité des petits insectes et autres prédateurs sont fortement augmentés par l'apport de paillage et par la présence d'une communauté importante de mauvaises herbes (Wardle *et al.* 1995). L'apport d'une plante de couverture (légumineuses le plus souvent) permet aussi d'augmenter significativement

la biodiversité du sol, tout en fournissant, du fait de leurs caractéristiques, un supplément d'azote à la culture étudiée (Blanchart *et al.* 2006, DuPont *et al.* 2009). La seule rupture du couple formé entre les plantes et les organismes du sol peut avoir des conséquences critiques sur le fonctionnement des écosystèmes terrestres (Velasquez *et al.* 2007).

Les champs de bananes représentent de très simples agroécosystèmes qui sont intéressants à étudier en partie car il y a un nombre limité d'espèces dans la communauté de plantes associée. Jusqu'à maintenant, la diversité des plantes associées avec la monoculture de bananes desserts est limitée aux herbacées (Duyck *et al.* in press).

Historiquement, les cultivateurs de banane mesurent la fertilité du sol comme une partie de leur programme de gestion des éléments nutritifs, mais il y a très peu de connaissances sur les propriétés physiques du sol et encore moins à propos du statut biologique du sol, excepté sur la présence des pathogènes. De manière similaire, il y a très peu d'informations disponibles sur les interactions entre les propriétés chimiques, physiques et biologiques des sols où poussent les bananiers (Pattison *et al.* 2008).

1.4. Objectif et hypothèses de travail

L'objectif de l'étude est tout d'abord de caractériser les propriétés physiques et la faune du sol sous deux techniques culturales de bananes : une plantation traditionnelle après jachère (J) et une plantation avec couverture soja (S). Puis, nous comparerons les données physiques et biologiques entre les deux traitements testés. Les hypothèses sous-jacentes étant :

- L'apport d'une couverture végétale permet l'augmentation de l'abondance et de la richesse spécifique de la faune. Cette augmentation de la biodiversité induit une amélioration de la chaîne trophique du sol, devenant ainsi plus complète et plus stable ;
- L'apport d'une couverture végétale améliore les caractéristiques physiques du sol, en corrélation avec l'amélioration de la biodiversité.

2. Matériels et méthodes

2.1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est situé sur la parcelle Bilimbi (superficie 2 ha), appartenant à l'exploitation bananière SCA Changy (Capesterre BE, 16°. N, 61°.W). Cette parcelle a été cultivée en monoculture banane (*Musa acuminata*) jusqu'en janvier 2006.

A cette date, l'ensemble des bananiers a été détruit par l'application de glyphosate (herbicide) et par le travail du sol. Dans un deuxième temps, la parcelle a été soumise à deux traitements différents ; ces traitements (S et J) ont été répétés 5 fois sur des sous-parcelles élémentaires de 2000 m². Le plan de l'expérimentation est présenté à la figure 1:

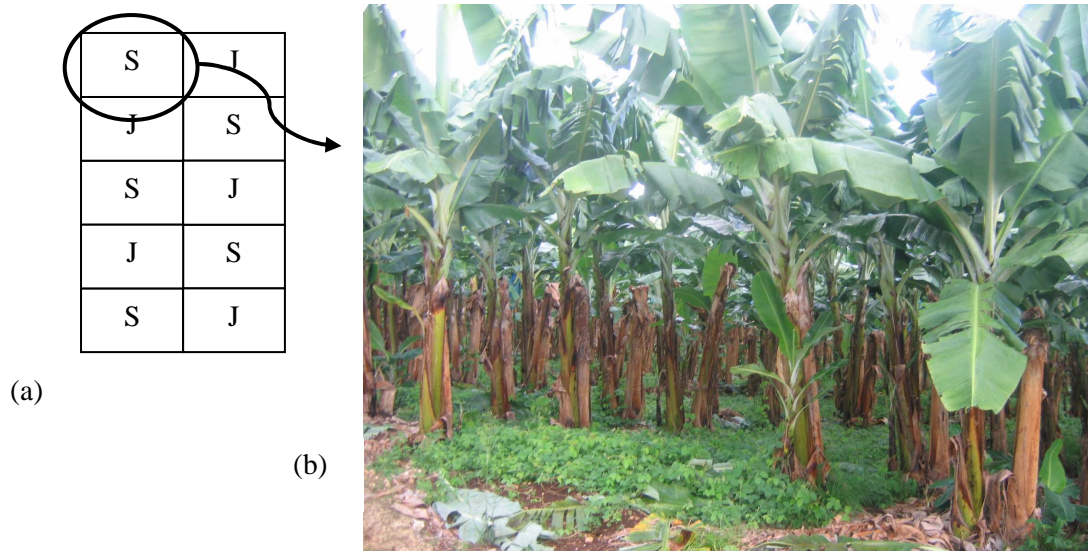


Figure 1 : (a) Plan de la parcelle expérimentale, avec présentation des sous-parcelles ; (b) photographie d'une sous-parcelle sous traitement S (T. Chevrollier).

- Traitement S : du soja pérenne (glycine *Neonotonia wightii*, Fabaceae) a été semé en février 2006, puis des bananiers (plants issus de culture in vitro) du Groupe Cavendish (cv Williams) ont été plantés en juin 2006 sur la couverture de soja pérenne vivante. Cette couverture est maintenue au cours de la culture de banane afin de contrôler la flore adventice. Le choix de la plante de couverture soja s'est effectué selon plusieurs critères, définis par rapport aux exigences concernant la monoculture de bananes. Ainsi, le soja pérenne a été sélectionné, notamment parce qu'il s'agissait d'une plante non hôte des nématodes phytoparasites du bananier ; de plus, elle ne rentre pas en compétition pour les ressources avec les bananiers, et est bien adaptée aux conditions environnementales.
- Traitement J : après la destruction des bananiers, une jachère à couverture végétale spontanée s'est établie, puis des bananiers (plants issus de culture in vitro) du Groupe Cavendish (cv Williams) ont été plantés en juin 2006 après destruction de la couverture végétale spontanée par application de glyphosate. Dans ce traitement, la flore adventice est régulièrement détruite par des applications régulières d'herbicide (4 applications de glyphosate/an).

Dans les deux traitements, une fertilisation mensuelle de 100 g d'engrais / bananier est apportée (formule NPK : 14-4-28 + 6MgO, soit N 14%, P₂O₅ 4%, K₂O 28% et MgO 6 %).

2.2. Sol et climat

2.2.1. Sol

Le sol est un Nitisol (classification FAO, WRB 2007). Il s'agit d'un sol argileux de couleur brun-rouille développé sur un matériau volcanique quaternaire où l'halloysite (argile appartenant à la famille des kaolins) est le minéral argileux dominant.

On observe dans les deux traitements les trois horizons suivants:

- 0 à 5cm, horizon Ap1, horizon à structure grumeleuse avec des agrégats millimétriques.
- 5 à 30cm, horizon Ap2, à structure constituée d'un assemblage de mottes soudées difficilement discernable à porosité interne tubulaire peu abondante.
- > 30cm, Horizon Bw, à structure massive et à porosité tubulaire fine à moyenne, abondante.

2.2.2. Climat

Pluviométrie et température moyenne du site expérimental pendant la période d'échantillonnage :

- Pluviométrie moyenne annuelle (extrapolation à partir des dates d'échantillonnage) : 1724 mm
- Température moyenne : 23,8°C

(Données réseau Rainette <http://rainette.cirad.fr/>, station météorologique de Mon Repos).

2.3. Echantillonnage de la faune du sol

Pour éviter tout effet bordure, l'ensemble des prélèvements a été effectué à l'intérieur des sous-parcelles, à 1m au moins des bordures, entre les doubles rangs de bananiers (Figure 2).

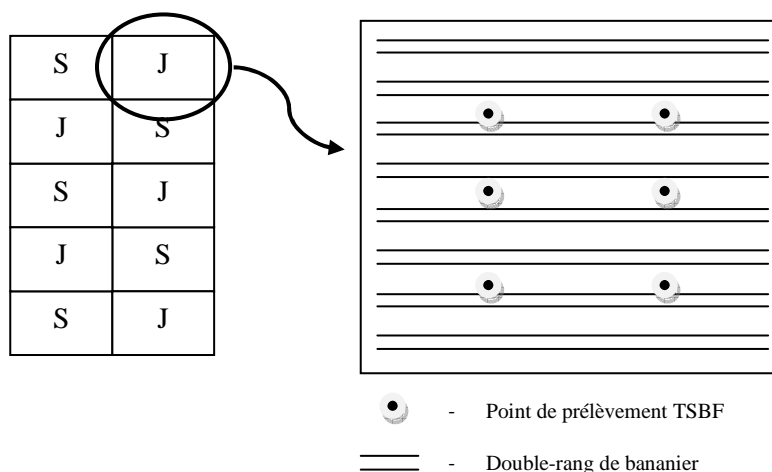


Figure 2 : Schéma d'exemple de sous-parcelle, avec emplacements points TSBF.

2.3.1. Macrofaune

L'échantillonnage s'effectue selon la méthode « Tropical Soil Biology and Fertility » modifiée (TSBF, Anderson & Ingram 1993). Cette méthode consiste à prélever des monolithes des sols de 30*30*30 cm et à trier manuellement le sol afin d'y collecter la macrofaune (individus dont le diamètre est supérieur à 2 mm). Ces monolithes ont été séparés en deux parties : 0-5cm et 5-30cm de profondeur (Figure 3), dans lesquelles ont été récupérés les macroinvertébrés. Les prélèvements ont été effectués du 14 janvier au 10 mars. Ces prélèvements ont été effectués, dans le cas du traitement J (bananeraie après jachère), là où la couverture était minimale, et dans le cas du traitement S (bananeraie sous couverture soja), là où la couverture était maximale. Dans chaque sous-parcelle, six monolithes ont été prélevés, permettant ainsi d'obtenir un échantillonnage le plus exhaustif possible de la macrofaune présente, du point de vue de la diversité.

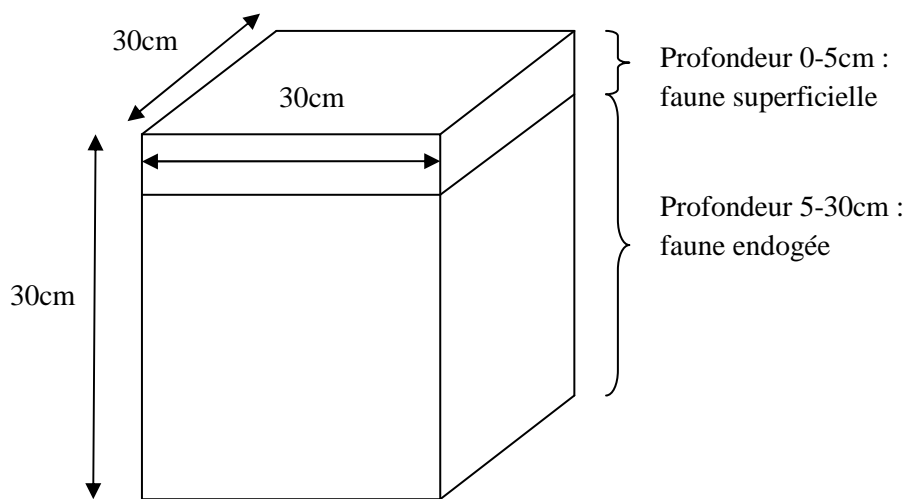


Figure 3 : Schéma d'un monolithe prélevé, avec horizons délimités.

La macrofaune présente est triée manuellement sur le terrain et placée dans du liquide de Pampel (30 volumes d'eau, 15 volumes d'éthanol à 95°, 6 volumes de formol à 40% et 4 volumes d'acide acétique).

Au laboratoire, les échantillons sont tout d'abord séparés en grands groupes taxonomiques, avant d'être déterminés à l'espèce, lorsque cela est possible. Lorsque la détermination à l'espèce n'a pas été possible, les individus ont été identifiés à la morpho-espèce (individus morphologiquement semblables). Une fois les individus déterminés, ils ont été classés par grands groupes trophiques : phytophages, rhizophages, prédateurs, microphages (se nourrissant de matière organique vivante) ; saprophages (se nourrissant de matière organique morte) ; géophages (vers ingérant du sol) et polyphages.

2.3.2. Mésofaune

Dans chaque sous-parcelle, un prélèvement a été effectué à la profondeur 0-5cm et un autre à la profondeur 5-10cm (Figure 4). L'échantillonnage a été effectué le 16 janvier 2009.

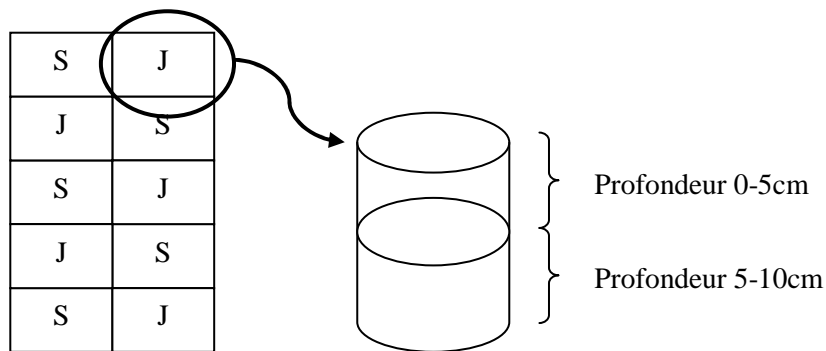


Figure 4 : Plan d'échantillonnage et détail du prélèvement de la mésofaune du sol.

Les échantillons ont été ensuite placés dans des entonnoirs de Berlese (MacFadyen 1957) pendant dix jours et la mésofaune récupérée a été conservée dans de l'éthanol à 95°.

La détermination s'effectue jusqu'à la famille, les clés d'identification étant insuffisantes pour aller jusqu'à l'espèce.

2.4. Propriétés physiques du sol

La densité apparente (porosité) et la teneur en eau du sol ont été mesurées. Pour ce faire, nous avons échantillonné le sol dans des cylindres de 100cm³. Cet échantillonnage s'est effectué parallèlement à l'échantillonnage de la macrofaune, au niveau de chaque monolithe (rappel : 6 monolithes par sous-parcelle). Au voisinage de la placette d'extraction du monolithe, nous avons prélevé 6 cylindres entre 0 et 15cm et 6 autres entre 15 et 30cm de profondeur (Figure 5).

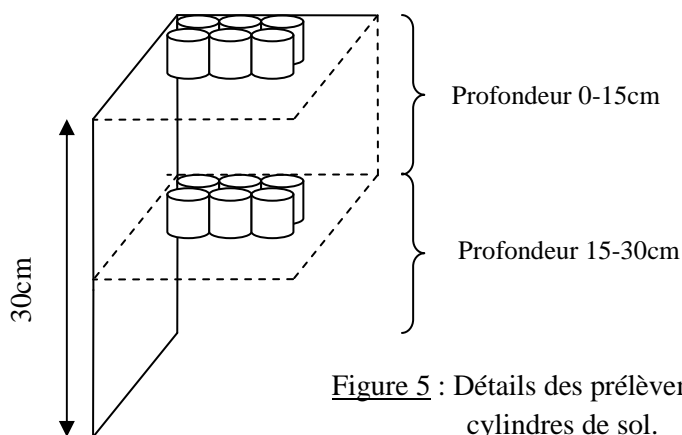


Figure 5 : Détails des prélèvements des cylindres de sol.

Les cylindres ont ensuite été pesés (PF poids frais) puis mis à l'étuve à 105°C, pendant 48h pour obtenir le poids sec (PS). La densité apparente (da) et la teneur en eau (W) ont été calculées comme suit :

- Densité apparente : $da = \frac{PS}{100}$
- Teneur en eau (en g/g) : $W = \frac{(PF - PS)}{PS}$

Ces valeurs sont utilisées pour calculer différents indices caractérisant la proportion de vides, d'eau et d'air de l'échantillon de sol (Hénin 1976).

- Indice des vides = volume des vides / volume de solide : $lv = \frac{dr}{da} - 1$
- Indice d'eau = volume d'eau / volume de solide : $le = W * dr$
- Indice d'air = volume d'air / volume de solide : $la = lv - le$

avec dr (densité réelle) = 2,75 (d'après Dorel 2001).

Un test de stabilité structurale inspiré de Le Bissonnais & Le Souder (1995) a été effectué pour chaque répétition de deux traitements S et J et pour chaque profondeur. Ce test a consisté à étudier la stabilité des agrégats de diamètre compris entre 2 et 5 mm en observant la distribution granulométrique obtenue après exercice d'une contrainte hydrique (alternance dessiccation / humectation brutale).

A partir de la distribution granulométrique des agrégats, nous avons calculé un diamètre moyen des agrégats (MWD : Mean Weight Diameter) afin de comparer la stabilité des agrégats issus des différents échantillons (Caniquitte 2008) (les détails du protocole sont présentés en annexe 1).

2.5. Traitement des données

Afin de présenter et de comparer la faune du sol présente sous les deux traitements et pour les deux profondeurs, des outils graphiques et mathématiques ont été utilisés. Les logiciels Excel et R ont été choisis pour utiliser ces outils.

2.5.1. Représentations graphiques

Tout d'abord, pour caractériser l'abondance et la diversité de la macrofaune et de la mésofaune, des courbes de rang-abondance ont été créées. Ces courbes sont la méthode la plus facile pour analyser les modèles de diversité (Kindt & Coe 2005). Tout d'abord, le nombre total d'individus est calculé pour chaque espèce ou morpho-espèce (pour la totalité des traitements S puis pour la totalité des traitements J). Ensuite les espèces sont rangées de la plus abondante à la moins abondante. Finalement, un graphe est construit avec le numéro de rang sur l'axe horizontal, et l'abondance sur l'axe vertical.

Par la suite, afin d'effectuer une première comparaison visuelle des résultats de diversité, une classification des sites a été construite, à partir des coefficients de Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957). Cette méthode consiste tout d'abord à passer les données brutes d'abondance en données de présence-absence, dans chaque répétition. Ensuite est calculé un coefficient de similarité pour chaque couple de sous-parcelles. Le coefficient de Bray-Curtis (Cs) est utilisé lorsque les inventaires sont insuffisants ou relativement variables. De plus, il est préféré au coefficient de similarité de Jaccard, car il donne deux fois plus de poids à la présence conjointe de deux espèces au même endroit qu'à la présence de l'une des deux seulement : $C_S = \frac{2c}{(a+b)}$ (avec c : nombre d'espèces communes aux deux répétitions ; a et b : nombre d'espèces présentes dans chacune des deux répétitions). Enfin, l'arbre de classification est construit, à partir d'une classification ascendante hiérarchique, et grâce à la méthode de Ward (El-Hamdouchi & Willett 1986). Cette méthode est proche du groupement moyen, qui consiste à présenter la dissimilitude entre A et B comme la moyenne des dissimilarités entre les objets de A et ceux de B, mais minimise l'augmentation de la variance intra-groupe à chaque regroupement ; il s'agit de la méthode la plus facilement interprétable pour des données écologiques.

2.5.2. *Indices de diversité*

Tout d'abord, pour chaque répétition, les abondances et richesses spécifiques ont été calculées. Les différents indices de diversité ont été choisis en s'inspirant de la méthode de traitement des données stationnelles (faune) proposée par Grall & Hily (2003).

- Indice de Shannon-Weaver et indice d'équitabilité de Piélu

Cet indice H' est celui qui est le plus couramment utilisé dans la littérature, il est basé sur :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{N_i}{N} \times \log_2 \frac{N_i}{N} \right)$$

- Ni : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (S = nombre total d'espèces).
- N : nombre total d'individus.

H' est minimal si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce. H' est également minimal si, dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier 1983). L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité J de Piélu (1966), qui représente le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement ($H_{\max} = \log_2(S)$). Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement. Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

- Indice de Simpson et indice de diversité de Simpson

L'indice de Simpson (D) mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \sum_{i=0}^n \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$$

- N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée.
- N : nombre total d'individus.

Le maximum de diversité est indiqué par la valeur 0, et le minimum de diversité par la valeur 1. Dans le but d'obtenir des valeurs « plus intuitives », on utilisera de préférence l'indice de diversité de Simpson représenté par $D'=1-D$, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0.

Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité (Grall & Hily 2003).

- Indice de diversité de Hill

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon-Weaver et de Simpson :

$$Hill = \frac{1/D}{e^{H'}}$$

- $1/D$: inverse de l'indice de Simpson.
- $e^{H'}$: exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. $1/D$ va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants. $e^{H'}$ va aussi permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares. Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1, et plus la diversité est faible. Afin de faciliter l'interprétation, nous utiliserons l'indice $H_i'=1-Hill$, où la diversité maximale sera représentée par la valeur 1, et la diversité minimale par la valeur 0. C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices (Grall & Hily 2003).

2.5.3. Analyses statistiques

Les données d'abondance ont été transformées en log pour permettre une homogénéisation des variances. L'ensemble des analyses statistiques ont été effectuées sur le logiciel R. Des tests de Mann-Whitney ont été utilisés pour comparer les abondances. Des tests d'égalité des variances, de Kruskal-Wallis et des analyses de variances (ANOVA) ont été réalisés pour confronter les différents indices (Lobry *et al.* 2003). Enfin, des analyses multidimensionnelles non métriques (NMDS) ont été

effectuées pour apprécier la répartition des sous-parcelles par rapport à l'ensemble des variables étudiées.

L'analyse NMDS (Nonmetric MultiDimensional Scaling) est une technique d'ordination qui se rapproche de l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Néanmoins, elles diffèrent sur de nombreux points. Tout d'abord, l'analyse NMDS cherche itérativement une solution acceptable, au contraire l'ACP se base sur une unique solution (Figure 6 : configuration initiale). Alors que l'ACP propose de choisir un nombre élevé d'axes (dont la plupart resteront cachés), le NMDS permet d'avoir un petit nombre d'axes pour la représentation, ce qui implique une déformation moindre de la dispersion des points. De plus, il ne s'agit pas d'une technique à valeurs et vecteurs propres, comme l'ACP ou l'ACC (Analyse Canonique des Correspondances), qui créent une relation d'ordre des données de telle manière à ce que le premier axe explique la majorité de l'information, que le second axe explique la seconde plus importante quantité de variation, etc. Cette relation d'ordre n'apparaît pas dans l'analyse NMDS, celle-ci peut donc être centrée dans n'importe quelle configuration souhaitée, sans se soucier de l'importance relative des différents axes proposés. Enfin, la technique NMDS utilise toutes les mesures de distance entre les échantillons étudiés (euclidienne, Manhattan, Bray-Curtis), alors que dans l'ACP, les mesures effectuées sont des corrélations ou des covariances (Holland 2008).

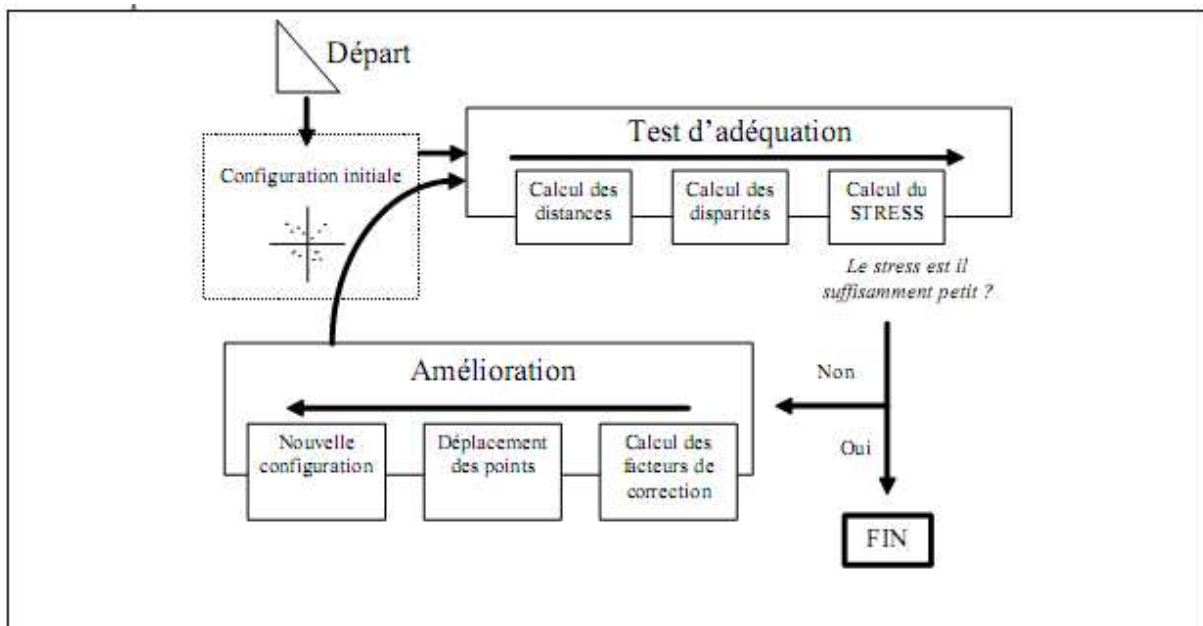


Figure 6 : Algorithme de Kruskal-Shepard du modèle de base de l'analyse NMDS (Cucchi 1998).

- Déroulement de la procédure (Figure 6)

- *La configuration initiale des points de l'espace solution*

La configuration initiale conditionne la manière dont le processus itératif va converger vers la solution, avec la possibilité de n'atteindre qu'un minimum local (Cucchi 1998).

- *Estimation de l'adéquation de la configuration*

L'estimation de l'adéquation à une solution théorique optimale est appliquée à chaque configuration, pour la configuration initiale et pour les configurations obtenues après améliorations. Cette étape est le cœur de l'algorithme Kruskal-Shepard. Dans cette étape, les concepteurs de la méthode ont introduit le concept de disparité qui permet au programme de calculer un écart entre la solution en cours de transformation et une solution théorique correcte. Le stress est la mesure de cet écart. Pour le calculer, la procédure calcule la différence entre la distance entre chaque couple de points de l'espace de solution et la distance qu'ils devraient avoir pour conserver l'ordre des disparités. Plus la différence est élevée, moins la règle de monotonie est respectée. La somme des carrés des différences constitue alors un indicateur de l'inadéquation de la solution : c'est le stress brut. La procédure minimisera cet indicateur pour améliorer la solution (Cucchi 1998).

➤ *Arrêt de l'algorithme*

Dans l'algorithme de base de Kruskal-Shepard, l'arrêt peut être provoqué par l'obtention d'un stress minimum, par une amélioration négligeable ou par un nombre important d'itérations. A l'issue de la procédure, une configuration de points est proposée, rendant plus ou moins compte des dissimilarités de départ. Mais la solution proposée n'est pas forcément la meilleure et peut représenter un minimum local (Cucchi 1998).

➤ *Amélioration de la configuration*

Lorsque le programme ne rencontre pas de critère d'arrêt, il va devoir déplacer les points de manière à minimiser le stress. Mais en bougeant certains points, cela a une incidence sur toutes les distances, ce qui explique que la solution ne peut être trouvée en une seule fois. Les appréciations des facteurs de correction sont effectuées point par point : l'algorithme estime le point considéré en maintenant fixes, provisoirement, les autres points. Puis il passe au suivant. Lorsque tous les points ont été déplacés pour cette étape, on est en présence d'une nouvelle configuration et un nouveau cycle peut commencer.

La présentation générale de la méthode MDS de base illustre le faible nombre des contraintes imposées aux données. La contrainte appliquée aux points de l'espace solution est de respecter l'ordre des dissimilarités introduites en entrée du modèle. Cette faculté à adapter le modèle aux données de base nous permet alors de l'utiliser dans des cas où les mesures sont peu nombreuses, ou entachées d'erreur (Cucchi 1998).

- Corrélations aux autres variables

Cette analyse NMDS est suivie de tests de permutation (tests de Monte Carlo). Cette fonction (utilisée sous R : `envfit()`) ajuste des vecteurs ou facteurs environnementaux dans l'ordination créée. Lorsque le résultat du test est significatif, la projection des points sur les vecteurs présentent un maximum de corrélation avec les variables environnementales (ou non) correspondantes.

3. Résultats

3.1. Propriétés physiques du sol

3.1.1. *Indices volumétriques*

Tableau 1 : Moyennes et erreurs-standards des indices calculés pour chaque sous-parcelle. Les lettres différentes indiquent des différences significatives entre les traitements (ANOVA, $P \leq 0,05$).

profondeur	traitement	indice des vides	indice d'eau	indice d'air
0-5 cm	J	$1,91 \pm 0,04$	$1,16 \pm 0,04$ (a)	$0,75 \pm 0,08$ (a)
	S	$1,91 \pm 0,07$	$1,22 \pm 0,03$ (b)	$0,69 \pm 0,1$ (b)
5-30 cm	J	$2,04 \pm 0,04$	$1,16 \pm 0,02$	$0,88 \pm 0,04$
	S	$2,15 \pm 0,06$	$1,15 \pm 0,02$	$1,00 \pm 0,07$

Les indices d'eau et d'air des deux traitements diffèrent significativement pour l'horizon de surface (tableau 1). La teneur en eau est significativement plus élevée sous le traitement S ($P=0,04$), alors que la porosité est significativement plus importante sous le traitement J ($P=0,02$). Il n'y a pas de différences significatives entre les traitements pour l'horizon de profondeur (tableau 1).

3.1.2. *Test de stabilité structurale*

Tableau 2 : Moyennes et erreurs-standards de MWD (Mean Weight Diameter) pour chaque sous-parcelle.

traitement	profondeur	
	MWD 0-5cm	MWD 5-30cm
J	$1,24 \pm 0,06$	$0,82 \pm 0,03$
S	$1,25 \pm 0,15$	$0,91 \pm 0,05$

L'indice MWD représente le diamètre moyen des agrégats présents dans l'échantillon étudié. On observe un effet de la profondeur, l'horizon 5-30 cm semblant moins stable que l'horizon 0-5 cm. Par contre pour le même horizon, la comparaison des traitements ne montre aucune différence significative (tableau 2).

3.2. Faune du sol

Lors des prélèvements, on a observé une forte hétérogénéité dans la distribution de la faune. A certains points de prélèvements, l'abondance était particulièrement élevée et constituait donc des

données aberrantes. Dans ce cas, les échantillons concernés ont été supprimés afin de diminuer la forte variabilité entre les parcelles.

Tous les noms d'espèces, de morpho-espèces ou groupes d'espèces sont indiqués dans l'annexe 2.

3.2.1. Abondances et diversités spécifiques

- Macrofaune

- *Abondances des groupes taxonomiques*

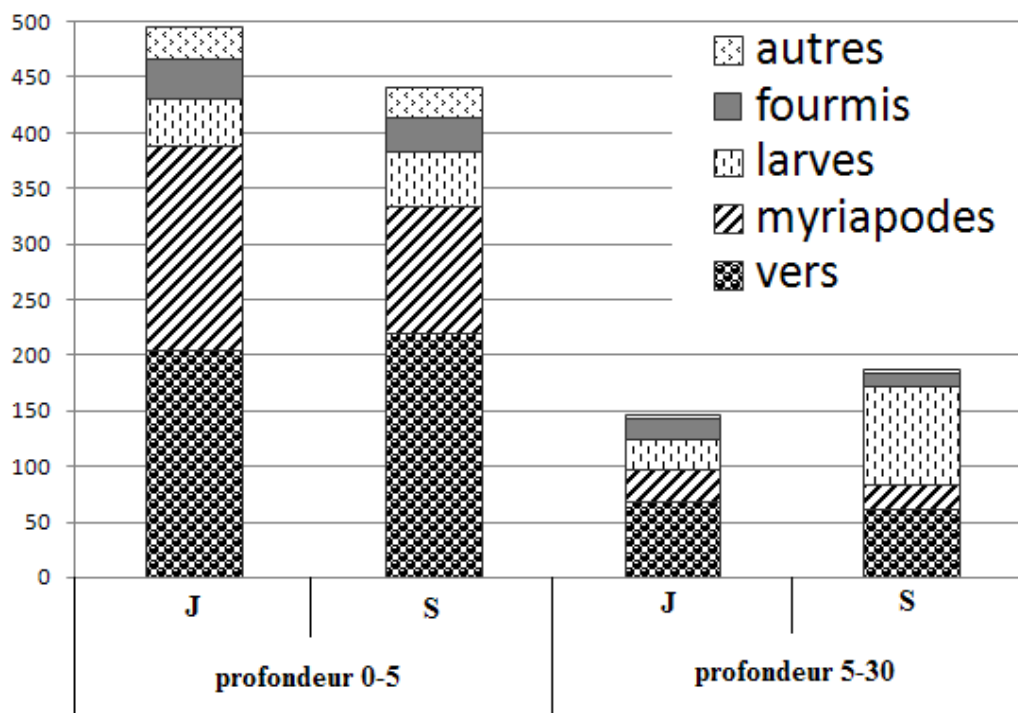


Figure 7 : Abondance des grands groupes taxonomiques retrouvés dans les deux traitements étudiés (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère) aux deux profondeurs traitées.

Les vers de terre oligochètes ainsi que les larves d'insectes sont les groupes taxonomiques les plus abondants dans les bananeraies, quelque soit le traitement (figure 7). On observe que d'une manière générale, l'abondance diminue énormément en profondeur.

Les différences observées entre les traitements ne sont pas significatives aux 2 profondeurs observées. Cependant pour l'horizon de surface, l'abondance de la macrofaune est légèrement plus élevée sous le traitement « jachère » (J) que sous le traitement « soja » (S). Ceci est notamment dû à une plus grande abondance du groupe des myriapodes sous le traitement J. Au contraire, dans l'horizon 5-30cm, l'abondance de la macrofaune est légèrement plus importante sous le traitement S que sous le traitement J. Ceci est notamment dû à une plus grande abondance du groupe des larves d'insectes sous le traitement S.

➤ *Abondances des groupes trophiques*

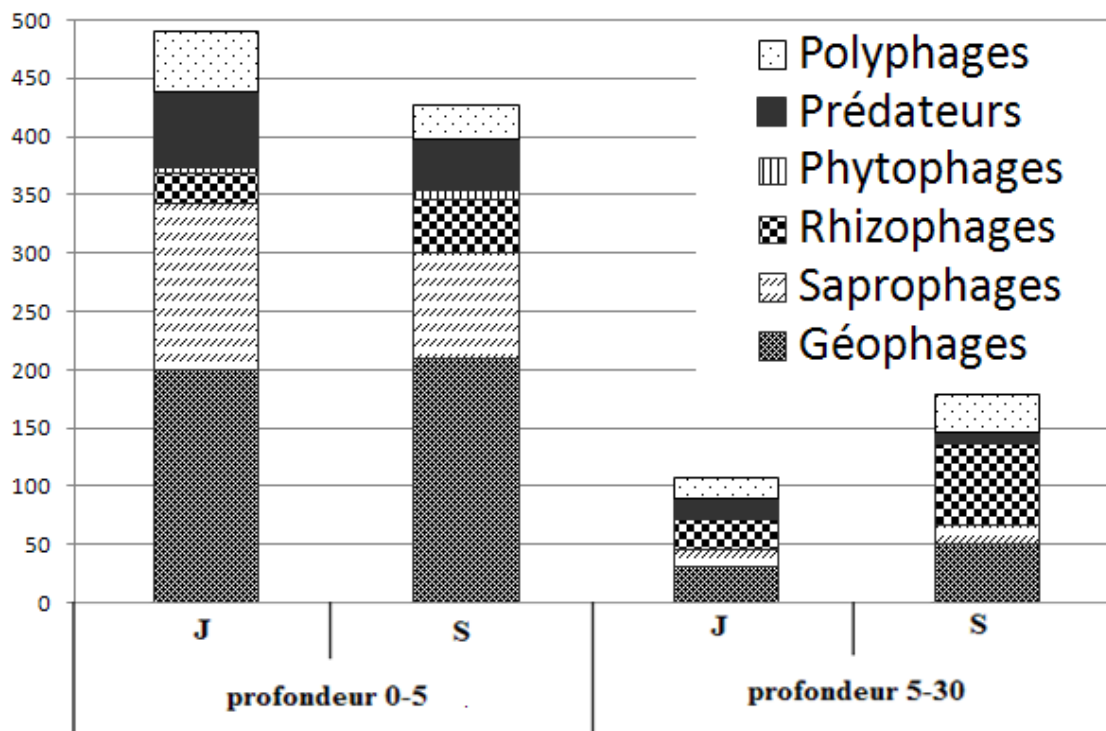


Figure 8 : Abondance des grands groupes trophiques retrouvés dans les deux traitements étudiés (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère) aux deux profondeurs traitées.

L'abondance dans chaque groupes trophiques ne diffère significativement pas entre les traitements aux deux profondeurs observées. On remarque que les groupes trophiques les plus abondants sont les géophages (comprenant l'ensemble des vers de terre oligochètes), et les rhizophages (larves de coléoptères Scarabaeidae) (annexe 3). On notera également que, d'une manière générale, les phytophages sont très peu nombreux (figure 8).

➤ *Diversité et richesse spécifique*

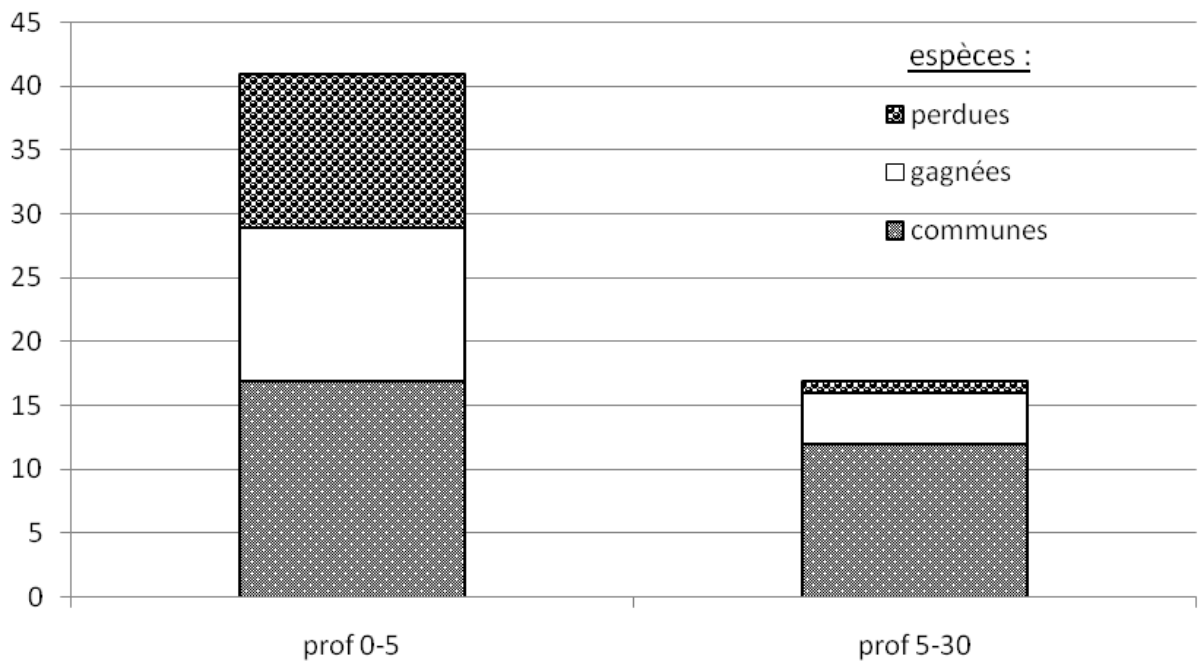


Figure 9 : Nombre d'espèces communes aux deux traitements, et nombre d'espèces perdues ou gagnées sous le traitement "soja", en comparaison avec le traitement "jachère", pour les deux profondeurs.

La diversité spécifique maximale rencontrée dans la bananeraie, profondeurs et traitements confondus, représente 43 espèces ou morpho-espèces (annexe 2a). La figure 9 montre que, d'une manière générale, la richesse spécifique est bien plus élevée (plus de deux fois supérieure) dans l'horizon de surface que dans l'horizon de profondeur ($P < 0,01$).

Pour l'horizon de surface, les deux traitements sont équivalents en termes de richesse spécifique ($P=0,5$), mais les espèces présentes dans les deux traitements diffèrent. Pour l'horizon de profondeur, la majorité des espèces rencontrées sont communes aux deux traitements. Sur l'ensemble du profil, il y a légèrement plus d'espèces rencontrées dans le traitement S que dans le traitement J, néanmoins cette différence n'est pas significative ($P=0,8$).

- Mésafaune

- *Abondances des groupes taxonomiques*

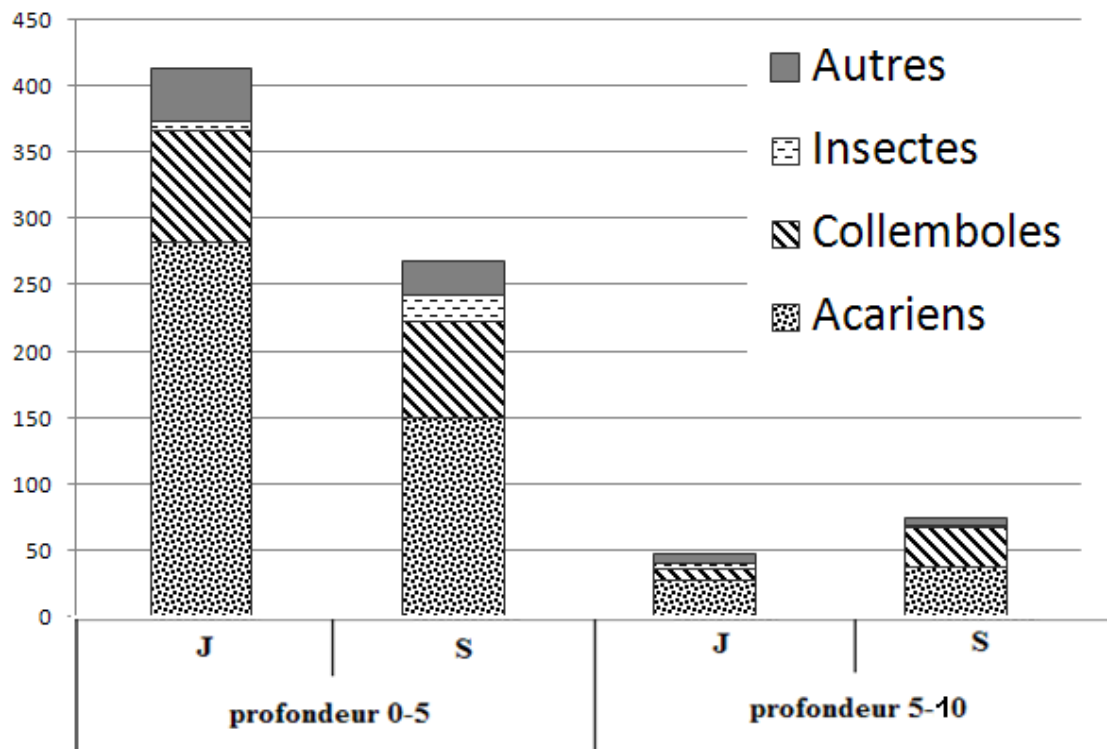


Figure 10 : Abondance des grands groupes taxonomiques retrouvés dans les deux traitements étudiés (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère), pour les deux profondeurs traitées.

La figure 10 montre que, d'une manière générale, l'abondance diminue énormément en profondeur. On remarque que le groupe taxonomique le plus abondant est celui des acariens.

Les différences d'abondance observées entre les traitements ne sont pas significatives aux deux profondeurs. Cependant comme pour la macrofaune, l'abondance est légèrement plus élevée sous le traitement J pour l'horizon de surface. Ceci est notamment dû à l'abondance des acariens, plus importante sous jachère en surface. Au contraire, l'abondance est légèrement plus élevée sous le traitement S pour l'horizon de profondeur. Ceci est notamment dû à l'abondance des collemboles, plus importante sous soja en profondeur.

➤ *Abondance des groupes trophiques*

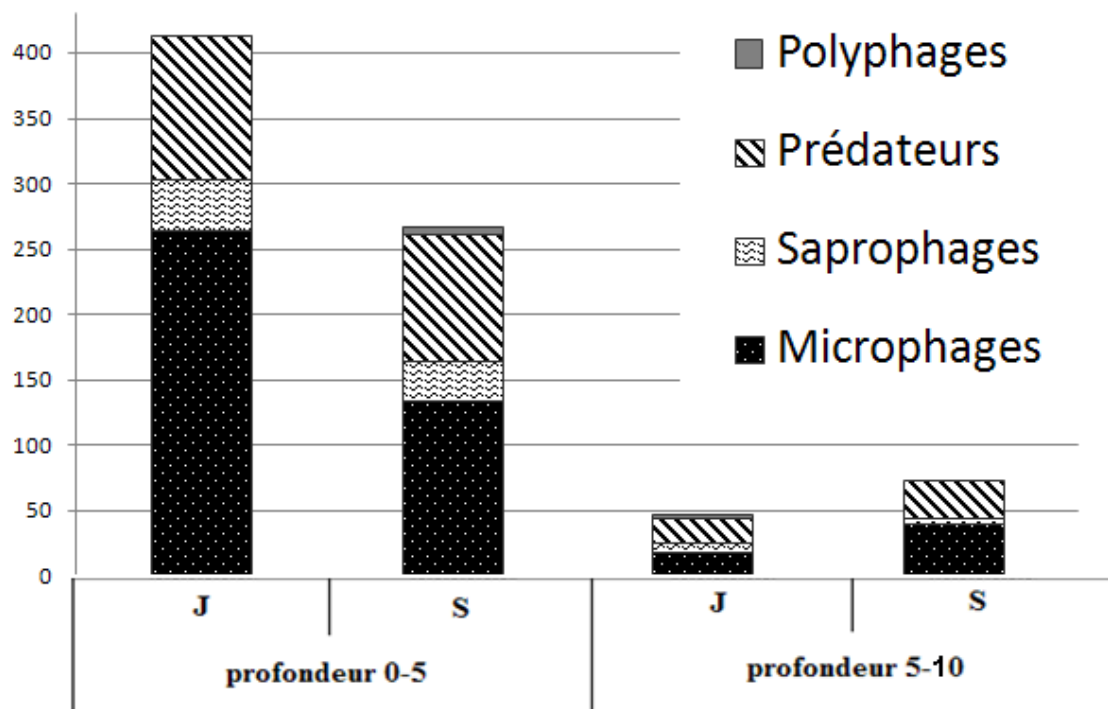


Figure 11 : Abondance des grands groupes trophiques retrouvés dans les deux traitements étudiés (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère), pour les deux profondeurs traitées.

Les différences observées entre les traitements ne sont pas significatives. On remarque que le groupe trophique le plus abondant correspond à celui des microphages (composition : annexe 3). On notera également que, d'une manière générale, les polyphages sont très peu nombreux (figure 11).

➤ *Diversité et richesse spécifique*

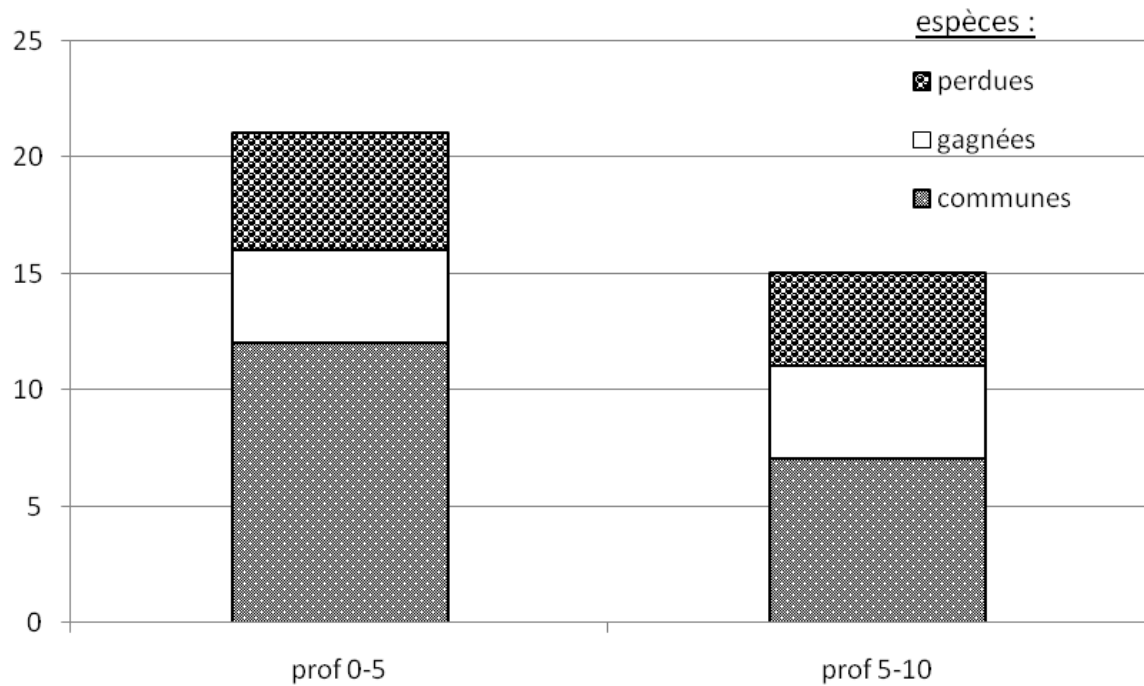


Figure 12 : Nombre d'espèces communes aux deux traitements, et nombre d'espèces perdues ou gagnées sous le traitement "soja", en comparaison avec le traitement "jachère", pour les deux profondeurs.

Concernant la mésofaune, la diversité spécifique maximale rencontrée dans la bananeraie, profondeurs et traitements confondus, représente 23 groupes d'espèces (annexe 2b). La figure 12 montre que la richesse spécifique est plus élevée dans l'horizon de surface que dans l'horizon de profondeur ($P < 0,05$).

Que ce soit pour l'horizon de surface ou l'horizon de profondeur, les deux traitements sont similaires en termes de richesse spécifique, mais la composition en groupes d'espèces n'est pas la même.

3.2.2. Diagrammes rang-abondance

- Macrofaune

- *Horizon de surface*

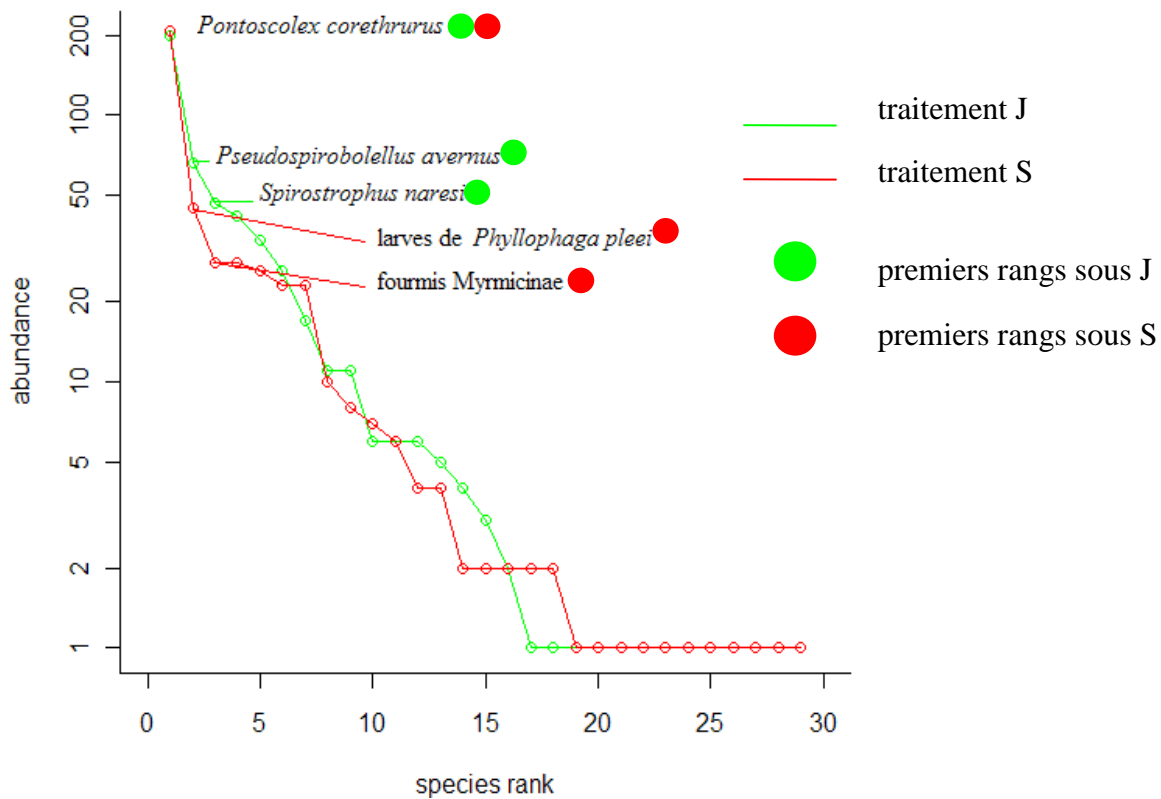


Figure 13 : Courbes rang-abondances en log de la diversité de la macrofaune observée dans les deux traitements (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère), pour l'horizon de surface.

Les courbes présentées à la figure 13 ont une allure hyperbolique, ceci montre une forte inégalité entre les espèces. Les espèces les plus abondantes (plus de 20 individus par espèce), sont très peu nombreuses. Les espèces rares, représentées par un seul individu, sont très nombreuses.

Cette série de diagrammes montre que le ver de terre endogé *Pontoscolex corethrurus* est l'espèce la plus abondante dans les deux traitements.

Ensuite, dans le traitement J, ce sont des espèces de myriapodes diplopes qui viennent en second lieu : *Pseudospirobolellus avernus* et *Spirostrophus naresi*. Dans le traitement S, ce sont certaines espèces d'insectes qui viennent en second lieu : larves du hanneton du bananier, *Phyllophaga pleei* et fourmis de la famille des *Myrmicinae*.

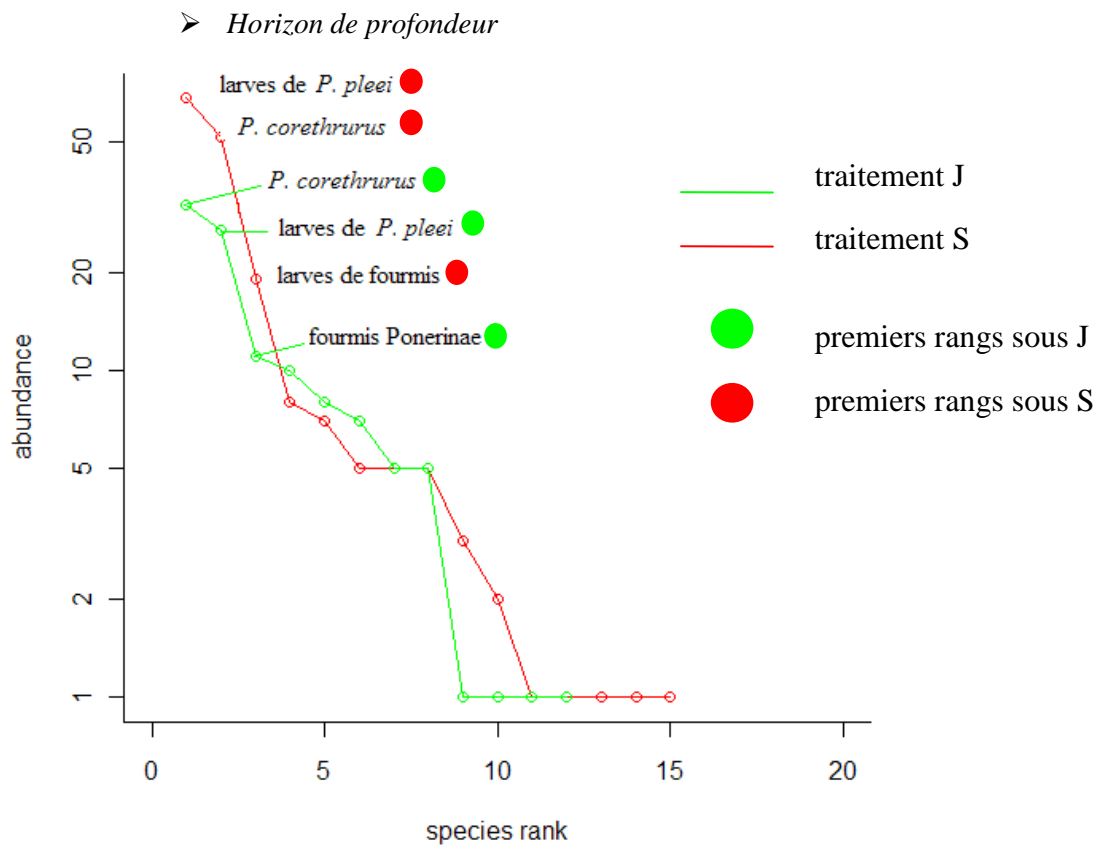


Figure 14 : Courbes rang-abondances en log de la diversité faunistique de la macrofaune observée dans les deux traitements (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère), pour l'horizon de profondeur.

Les courbes présentées à la figure 14 se rapprochent d'une allure linéaire, comparées à celles présentées pour l'horizon de surface. Ceci implique que les sites sont relativement bien diversifiés. Il y a dans chaque cas pratiquement autant d'espèces abondantes (dépassant les 20 individus) que d'espèces rares.

Dans les deux traitements, on observe la supériorité numérique de deux grands groupes taxonomiques : le ver *P. corethrurus* et les larves du hanneton du bananier *P. pleei*. Ce sont les fourmis qui arrivent ensuite avec les larves de fourmis et les fourmis de la famille Ponerinae.

- Mésafaune

- *Horizon de surface*

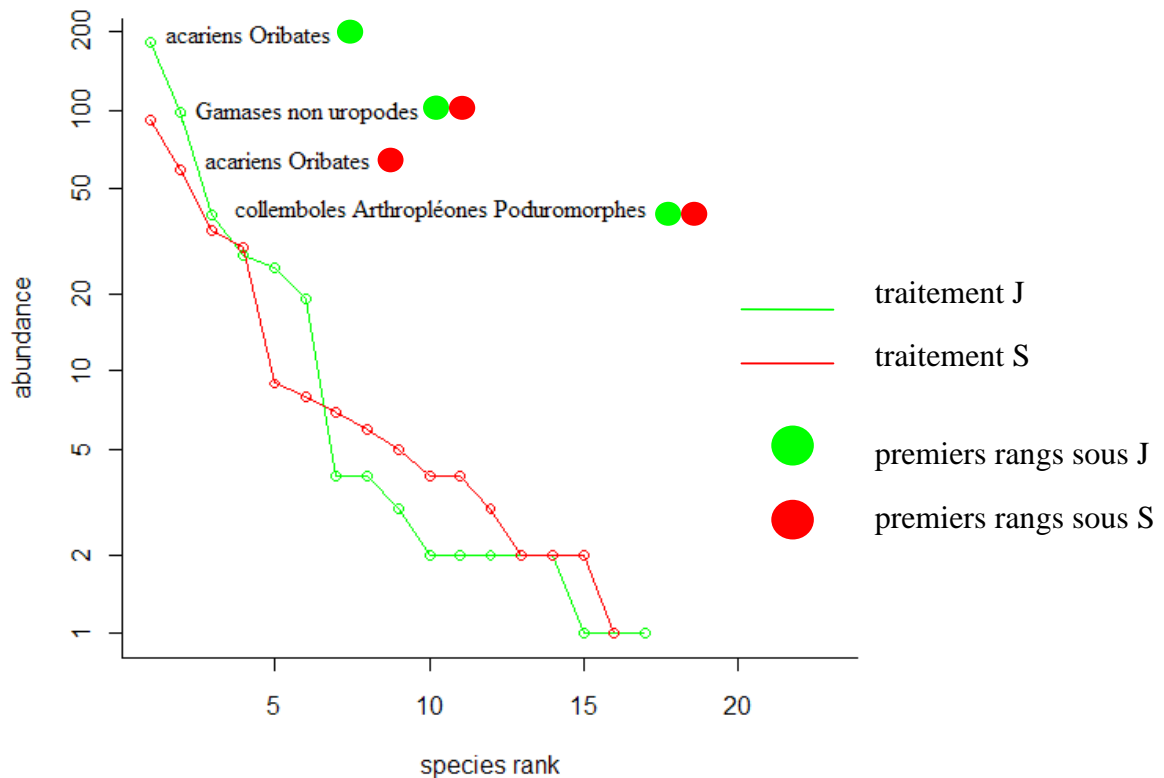


Figure 15 : Courbes rang-abondances en log de la diversité faunistique de la mésafaune observée dans les deux traitements (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère), pour l'horizon de surface.

Les courbes présentées à la figure 15 se rapprochent d'une allure linéaire ; ce qui implique que les sites sont relativement bien diversifiés. Dans chaque traitement, il y a peu de groupes d'espèces rares et environ cinq groupes d'espèces dont les abondances dépassent les 20 individus.

Sous le traitement J, les acariens oribates sont les plus abondants, alors que sous le traitement S, ce sont les gamases non uropodes qui occupent le premier rang.

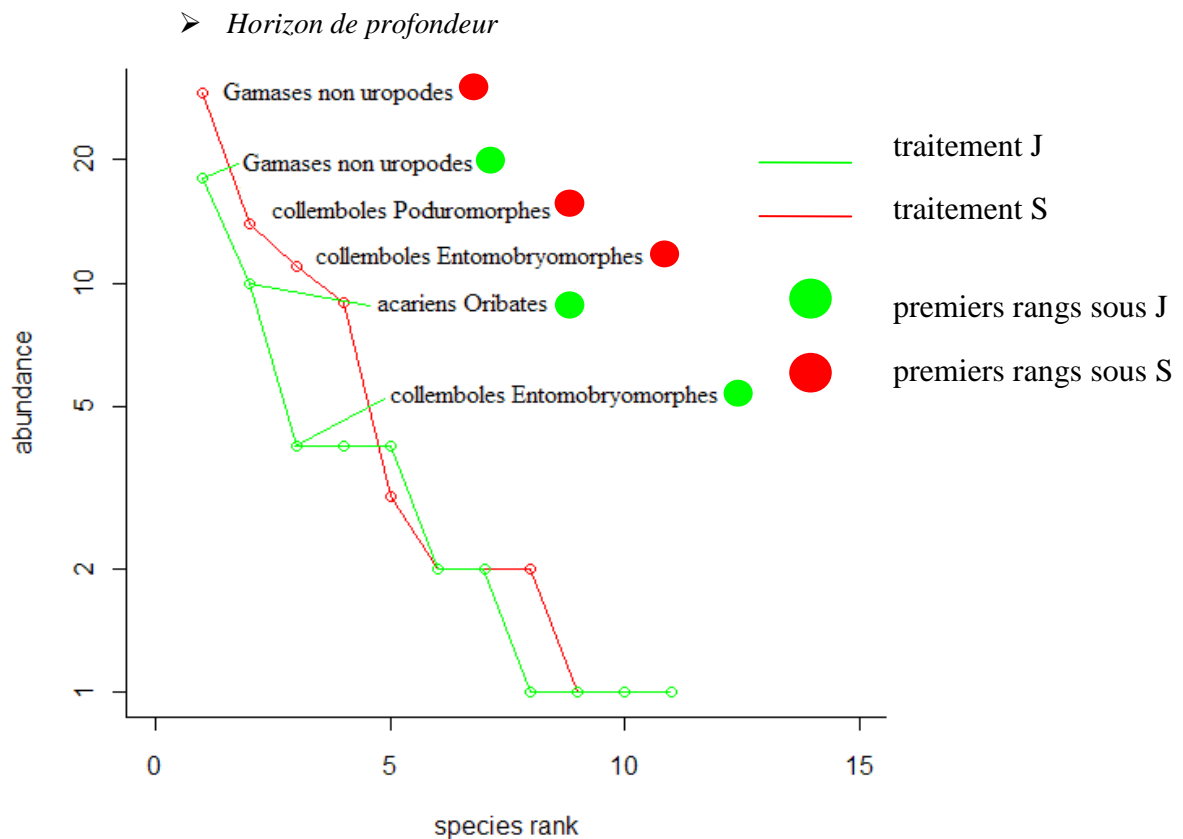


Figure 16 : Courbes rang-abondances en log de la diversité faunistique de la mésofaune observée dans les deux traitements (bananeraie sous couverture Soja et bananeraie après Jachère), pour l'horizon de profondeur.

Comme pour l'horizon de surface, les courbes présentées à la figure 16 ont une allure assez linéaire ; il y a donc une bonne diversification de la mésofaune. Sous le traitement J, il n'y a aucun groupe d'espèces qui présente une abondance supérieure à 20 individus, et quatre groupes d'espèces rares. Sous le traitement S, il n'y a qu'un groupe d'espèces dépassant les 20 individus en abondance (les gamases non uropodes), et un groupe d'espèces rare. Les groupes d'espèces dominants restent les acariens et les collemboles. Dans les deux traitements, les gamases non uropodes sont les plus abondants. Sous le traitement S, les collemboles poduromorphes et entomobryomorphes occupent les 2^e et 3^e rangs, alors que sous le traitement J, ce sont les acariens oribates et les collemboles entomobryomorphes qui occupent respectivement ces places.

3.2.3. Indices de diversité

- Macrofaune

Indice maximal théorique de diversité dans le peuplement : $H_{\max}=5,426$

Tableau 3 : Moyennes et erreurs-standards des indices calculés pour chaque sous-parcelle.

profondeur	traitement	équité de Piérou (J)	diversité de Simpson (D'=1-D)	diversité de Hill (Hi'=1-Hill)
0-5 cm	J	0,51 ± 0,02	0,77 ± 0,02	0,71 ± 0,02
	S	0,47 ± 0,04	0,73 ± 0,05	0,69 ± 0,03
5-30 cm	J	0,41 ± 0,03	0,77 ± 0,04	0,53 ± 0,04
	S	0,38 ± 0,04	0,68 ± 0,05	0,57 ± 0,02

La comparaison de l'ensemble de ces indices de diversité ne présente pas de différences significatives entre les traitements (tableau 3).

L'indice d'équité de Piérou (J), calculé à partir de l'indice de Shannon (annexe 6) et de H_{\max} , nous confirme les dominances d'abondance observées dans les courbes de rang-abondance. En effet, pour les deux profondeurs traitées et pour les deux traitements, l'indice J est relativement faible ($\leq 0,5$), ce qui montre que seules quelques espèces dominent en abondance. On note que cet indice est plus faible pour l'horizon de profondeur, ce qui est logique puisque la majorité des espèces présentes dans cet horizon sont très peu abondantes.

L'indice de diversité de Hill (Hi'), calculé à partir des indices de Shannon (annexe 6) et Simpson, nous informe sur la diversité spécifique dans les traitements. Les résultats montrent qu'il y a une bonne diversité moyenne dans les traitements, et pour les deux profondeurs ($>0,5$ dans chaque cas). Comme pour l'indice d'équité de Piérou, on remarque que les valeurs de l'indice sont plus faibles pour l'horizon de profondeur ; la diversité diminue significativement en profondeur ($P < 0,05$).

- Mésafaune

Indice maximal théorique de diversité dans le peuplement : $H_{\max}=4,524$

Tableau 4 : Moyennes et erreurs-standards des indices calculés pour chaque sous-parcelle.

profondeur	traitement	équité de Piérou (J)	diversité de Simpson (D'=1-D)	diversité de Hill (Hi'=1-Hill)
0-5 cm	J	0,52 ± 0,05	0,74 ± 0,05	0,62 ± 0,02
	S	0,58 ± 0,04	0,80 ± 0,04	0,62 ± 0,02
5-10 cm	J	0,44 ± 0,05	0,82 ± 0,04	0,26 ± 0,13
	S	0,35 ± 0,13	0,56 ± 0,19	0,37 ± 0,12

En ce qui concerne l'indice J (tableau 4), on remarque que les valeurs dépassent 0,5 pour l'horizon de surface. Cet horizon est légèrement plus diversifié que l'horizon de profondeur : plus importante richesse spécifique et une abondance mieux répartie ; cependant les différences ne sont pas significatives.

Le tableau 4 montre également que la diversité (indice et H_i') est plus importante en surface qu'en profondeur, notamment pour les espèces les plus abondantes. Ceci corrobore l'interprétation des courbes de rang-abondance.

3.2.4. Analyses multidimensionnelles

L'analyse multidimensionnelle (NMDS) a permis de répartir les sous-parcelles selon la méthode de distance de Bray-Curtis, utilisée pour classer hiérarchiquement les sous-parcelles selon leur similarité en termes de richesse spécifique (annexe 7). Afin d'obtenir plus d'informations concernant la description de l'écosystème, les matrices des caractéristiques physiques et des indices de diversité ont pu être ajoutées. Tous ces indices apparaissent lorsqu'ils sont significativement intéressants.

- Macrofaune
 - *Horizon de surface*

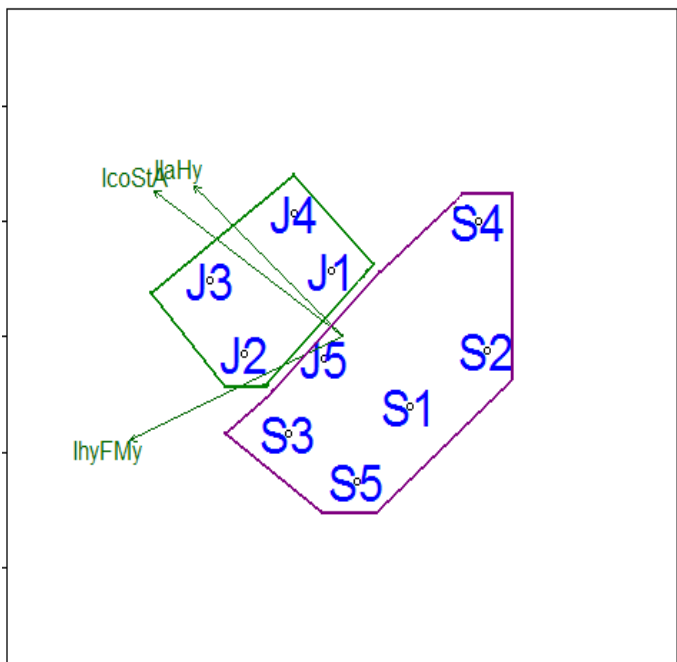


Tableau 5 : Résultats significatifs des tests de corrélations des différentes variables aux sous-parcelles (les valeurs de P sont basées sur 1000 permutations, $P \leq 0,05$).

variable	R ²	P
Espèces		
IcoStA	0,66	0,02
IhyFMy	0,68	0,02
IlaHy	0,51	0,05

R² : % de variance expliquée par le modèle

Figure 17 : Représentation graphique de l'ordination NMDS de l'ensemble des sous-parcelles, par rapport à la diversité spécifique concernant la macrofaune, pour l'horizon de surface.

La classification montre que la majorité des sous-parcelles du traitement J (excepté J5) sont plus proches entre elles que les sous-parcelles du traitement S (figure 17). Les tests de corrélations

présentent des résultats significatifs concernant des abondances d'espèces ou de morpho-espèces (tableau 5).

Ainsi, la distribution des sous-parcelles sur la représentation graphique (figure 17) peut être expliquée par l'abondance des espèces ou morpho-espèces présentées :

- IcoStA : Coléoptères Staphylinidae morpho-espèce A ;
- IhyFMy : fourmis de la famille des Myrmicinae ;
- IlaHy : larves de fourmis.

Suivant ces résultats, on voit que les vecteurs associés à ces variables sont tous placés en direction du groupe contenant uniquement des sous-parcelles sous traitement J. Il semblerait donc que les espèces ou morpho-espèces présentées soient majoritairement plus abondantes, pour l'horizon de surface, sous le traitement J que sous le traitement S.

Les tests de comparaison des traitements (Mann-Whitney) concernant ces données infirment cette hypothèse, il n'existe pas de différence significative entre les deux traitements par rapport à l'abondance de ces espèces ou morpho-espèces.

➤ Horizon de profondeur

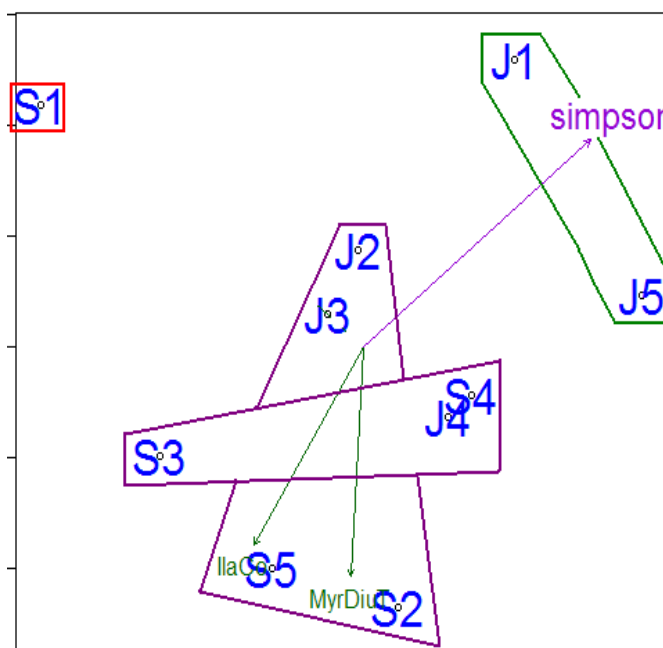


Tableau 6 : Résultats significatifs des tests de corrélations des différentes variables aux sous-parcelles (les valeurs de P sont basées sur 1000 permutations, $P \leq 0,05$).

variable	R ²	P
----------	----------------	---

Espèces

MyrDiuT	0,73	0,009
IlaCo	0,75	0,004

Diversité

Simpson	0,65	0,02
---------	------	------

R² : % de variance expliquée par le modèle

Figure 18 : Représentation graphique de l'ordination NMDS de l'ensemble des sous-parcelles, par rapport à la diversité spécifique concernant la macrofaune, pour l'horizon de profondeur.

Les sous-parcelles des deux traitements sont souvent similaires entre elles, il n'y a donc pas, de différences nettes entre les deux traitements au niveau de la richesse spécifique pour l'horizon 5-30 cm

(figure 18). Les tests de corrélations présentent des résultats significatifs concernant des abondances d'espèces ou de morpho-espèces, et un indice de diversité (tableau 6).

Ainsi, la distribution des sous-parcelles sur la représentation graphique (figure 18) peut être expliquée par l'indice de diversité de Simpson et par l'abondance des espèces ou morpho-espèces présentées :

- MyrDiuT : iule appartenant à l'espèce *Trigoniulus corallinus* ;
- IlaCo : larves du hanneton du bananier, *P. pleei*.

Les sous-parcelles les plus proches des vecteurs associés à MyrDiuT et IlaCo sont des sous-parcelles du traitement S (appartenant à un groupement hiérarchique comprenant des sous-parcelles sous les deux traitements). A l'inverse, les sous-parcelles les plus corrélées au vecteur concernant l'indice de diversité de Simpson sont celles sous traitement J (provenant d'un groupe homogène).

Les tests de comparaison des traitements (Mann-Whitney pour les abondances et Kruskal-Wallis pour l'indice de diversité) concernant ces données montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux traitements par rapport à l'abondance de MyrDiuT et IlaCo, ni par rapport à l'indice de diversité de Simpson (cf. 3.2.3. indices de diversité).

- Mésafaune

- *Horizon de surface*

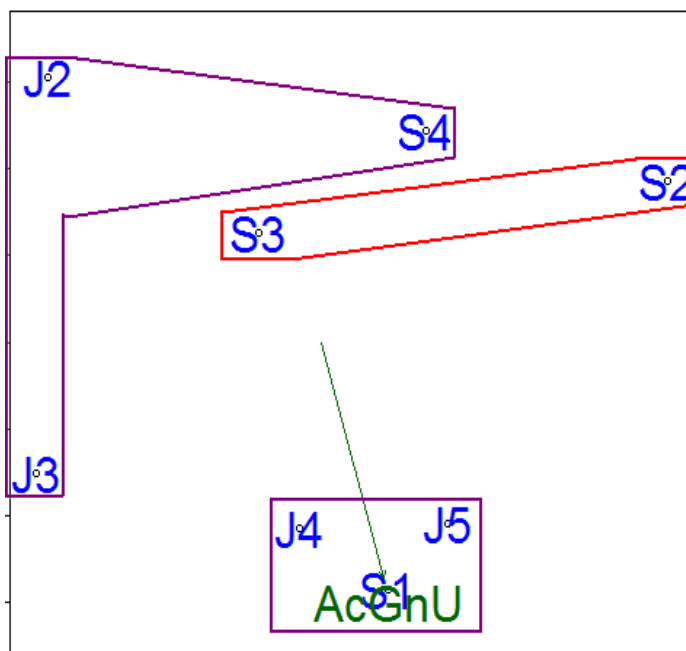


Tableau 7 : Résultats significatifs des tests de corrélations des différentes variables aux sous-parcelles (les valeurs de P sont basées sur 1000 permutations, $P \leq 0,05$).

variable	R ²	P
----------	----------------	---

Espèces

AcGnU	0,76	0,03
-------	------	------

R² : % de variance expliquée par le modèle

Figure 19 : Représentation graphique de l'ordination NMDS de l'ensemble des sous-parcelles, par rapport à la diversité spécifique concernant la mésofaune, pour l'horizon de surface.

La classification hiérarchique montre qu'il existe une certaine hétérogénéité entre les sous-parcelles d'un même traitement (figure 19). Les tests de corrélations présentent des résultats significatifs concernant l'abondance d'un groupe d'espèces, les acariens Gamases non uropodes (tableau 7). Ainsi, il s'agit de l'unique variable par laquelle la distribution des sous-parcelles peut être expliquée (figure 19).

S1 est la seule sous-parcelle placée sur le vecteur correspondant à l'abondance des Gamases non uropodes. Selon le test de comparaison effectué (Mann-Whitney), il n'y a cependant pas de différence significative entre les deux traitements concernant l'abondance de ce groupe d'espèces, pour l'horizon de surface.

➤ *Horizon de profondeur*

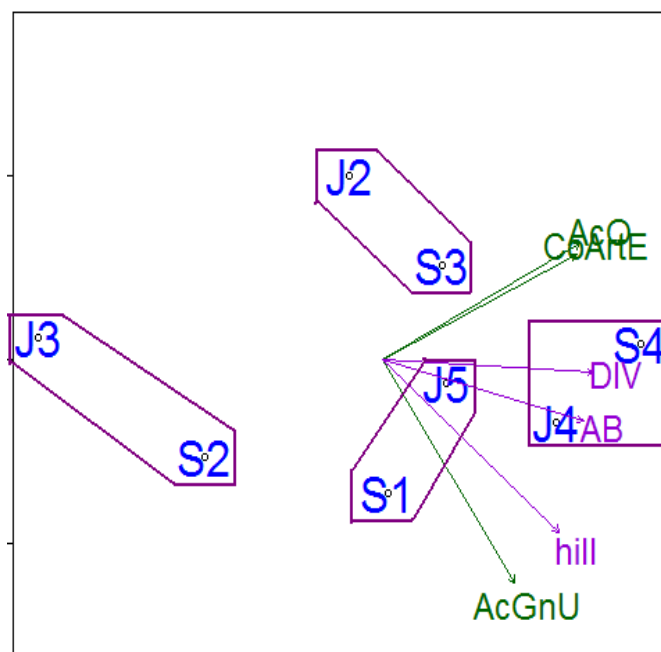


Tableau 8 : Résultats significatifs des tests de corrélations des différentes variables aux sous-parcelles (les valeurs de P sont basées sur 1000 permutations, $P \leq 0,05$).

variable	R ²	P
----------	----------------	---

Espèces

AcO	0,78	0,03
AcGnU	0,88	0,01
CoArtE	0,72	0,05

Abondance-diversité

AB	0,68	0,04
DIV	0,71	0,04
hill	0,86	0,01

R² : % de variance expliquée par le modèle

Figure 20 : Représentation graphique de l'ordination NMDS de l'ensemble des sous-parcelles, par rapport à la diversité spécifique concernant la mésofaune, pour l'horizon de profondeur.

La classification hiérarchiques montre que chaque sous-parcelle du traitement J est plus proche d'une sous-parcelle du traitement S ; ceci implique que les sous-parcelles d'un même traitement sont très hétérogènes (figure 20). Les tests de corrélations présentent des résultats significatifs concernant des abondances d'espèces ou de morpho-espèces, et des descripteurs de la biodiversité (tableau 8).

Ainsi, la distribution des sous-parcelles sur la représentation graphique (figure 20) peut être expliquée par les abondances et diversités spécifiques globales, par l'indice de diversité de Hill et par l'abondance des groupes d'espèces représentés :

- AcO : Acariens Oribates ;

- AcGnU : Acariens Gamases non Uropodes ;
- CoArtE : Collembolles Arthropléones Entomobryomorphes.

Comme l'ensemble des sous-parcelles est distribué de façon hétérogène, aucune interprétation ne peut être effectuée concernant la position des vecteurs par rapport aux deux traitements étudiés. Néanmoins, on remarque que la totalité des vecteurs est positionnée du même côté de la représentation graphique, vers le groupement des sous-parcelles S4 et J4.

Les tests de comparaison (Mann-Whitney pour les abondances et Kruskal-Wallis pour l'indice de diversité) des traitements concernant ces données montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux traitements concernant les abondances des groupes d'espèces, diversités spécifiques, et l'indice de diversité de Hill (cf. 3.2.3. indices de diversité).

4. Discussion

L'objectif de l'étude était tout d'abord de caractériser les propriétés physiques et la faune du sol sous deux techniques culturales de bananes : une plantation conventionnelle après jachère (J) et une plantation sur couverture vivante de soja pérenne (S).

La description générale de cet agroécosystème montre que la faune du sol est dans son ensemble assez bien diversifiée, par rapport à une forêt ou un pâturage en Amazonie par exemple (Barros *et al.* 2001, 2004), ou à une culture de coton au Cameroun (Brévault *et al.* 2007). Tout d'abord, l'étude sur la richesse spécifique dévoile qu'il y a, pour l'ensemble de la parcelle étudiée, de nombreuses espèces présentes (macro- et mésofaune, respectivement 43 et 23 taxa déterminés). Cette richesse se retrouve dans la présentation des groupes trophiques, puisque ceux-ci représentent une chaîne alimentaire relativement complète, avec tous les niveaux trophiques élémentaires. La bonne diversification faunistique de ces systèmes de culture de banane est aussi confirmée dans l'étude des indices de diversité, notamment l'indice d'équitabilité de Pielou et l'indice de diversité de Hill.

Les résultats concernant les dominances d'espèces, de morpho-espèces ou de groupes d'espèces suggèrent qu'il y a une dominance de l'espèce de ver de terre endogé *Pontoscolex corethrurus* sous les deux traitements étudiés. Néanmoins, il ne s'agit pas d'une super-dominance, comme l'ont constaté Chauvel *et al.* (1999) dans des pâturages situés dans l'Amazonie, où ce ver représente alors 90% de la macrofaune présente. Dans notre étude, malgré le nombre important de cette espèce, un certain nombre de taxa présentent également des abondances relativement élevées, ce qui participe à la bonne diversification de la faune du sol. De plus, dans la plupart des cas étudiés, il y a une balance relativement stable entre les espèces abondantes et les espèces rares. Ceci pourrait contribuer à la stabilité de la chaîne trophique et de l'agroécosystème en général.

Concernant l'état de l'agroécosystème, Cole *et al.* (2006) suggèrent que les processus du sol sont améliorés par la présence d'une communauté biotique diverse, comparé à la présence d'un seul groupe ou d'espèces seules, ceci amenant à une amélioration de la structure du sol, dans le système étudié.

Dans ce sens, les résultats obtenus pour les propriétés physiques du sol paraissent être en accord. La densité apparente, directement liée à l'indice des vides dans notre étude, montre que la compaction dans le sol (due notamment aux vers de terre) n'est pas trop importante, comparée aux résultats obtenus, notamment par Blanchart *et al.* (1990), Barros *et al.* (1996), dans leurs études concernant l'impact de différentes espèces de vers de terre. La super-dominance de *P. corethrurus*, citée précédemment (Chauvel *et al.* 1999) amène à la dégradation des pâturages. Cette espèce crée des croûtes de surface qui limitent l'infiltration de l'eau dans le sol (Chauvel *et al.* 1999, Barros *et al.* 2001, 2004). A priori, il y a donc un équilibre entre les espèces compactantes et décompactantes dans notre étude (annexe 5). Le diamètre moyen des agrégats (MWD), quant à lui, est relativement élevé, si l'on compare avec les résultats obtenus par Caniquitte (2008) dans son étude sur les relations entre la communauté microbienne du sol, la stabilité des agrégats et les systèmes de culture. Ceci peut montrer qu'il existe une bonne teneur en matière organique, reliée à une activité biologique relativement intense (Dorel, communication personnelle). Cependant, comme aucune corrélation n'émerge dans notre étude entre les données biologiques et physiques, ceci ne reste que des hypothèses.

Dans un deuxième temps, l'objectif de l'étude consistait à comparer les données physiques et biologiques entre les deux traitements testés. Les hypothèses sous-jacentes étant :

- L'apport d'une couverture végétale permet l'augmentation de l'abondance et de la richesse spécifique de la faune. Cette augmentation de la biodiversité induit une amélioration de la chaîne trophique du sol, devenant ainsi plus complète et plus stable ;
- L'apport d'une couverture végétale améliore les caractéristiques physiques du sol, en corrélation avec l'amélioration de la biodiversité.

Tout d'abord, les abondances et diversités spécifiques observées ne permettent pas de conclure à un effet positif de l'apport de *Neonotonia wightii*. En effet, que ce soit au niveau des groupes taxonomiques, des groupes trophiques, de chaque espèce ou morpho-espèce individuellement, ou de l'ensemble des descripteurs de la diversité, aucun résultat significatif ne ressort de la comparaison entre la bananeraie sous couverture soja et la bananeraie conventionnelle, après jachère. Néanmoins, des tendances apparaissent, à l'avantage du traitement avec couverture végétale. Ainsi, pour l'horizon de surface et concernant la mésofaune, les indices de diversité ont tendance à montrer une plus importante diversité dans les parcelles comprenant la plante de couverture. Pour l'horizon de profondeur, on note que l'abondance des rhizophages (essentiellement constitués des larves du hanneton du bananier *Phyllophaga pleei*) et des microphages (constitués principalement d'acariens et de collembolés) a tendance à être plus importante sous la couverture issue du soja pérenne. De plus, la diversité de la macrofaune à cette profondeur est légèrement plus importante, ceci étant corroboré par les valeurs de l'indice de diversité de Hill. Ces augmentations, bien que non significatives, de l'abondance et de la diversité peuvent s'expliquer par le fait que la couverture végétale contribue au maintien d'un sol humide, ombragé et fournissant une litière plus variée permettant la diversification

des habitats et des ressources de nourriture (Wardle *et al.* 1995, Barros *et al.* 2002). Ainsi, la présence d'une plante de couverture accélère la colonisation des horizons superficiels du sol par la faune, ce qui contribue au final à la décomposition et l'incorporation de la litière dans le sol (Barros *et al.* 2003). De plus, la couverture végétale protège les habitats de la faune du sol contre l'érosion par le vent et l'eau, contre les variations d'humidité et de température (Kladivko 2001, Barros *et al.* 2003, Blanchart *et al.* 2006).

De nombreuses études montrent des différences significatives entre systèmes de culture traditionnels et systèmes de culture innovants, où le sol n'est jamais à nu. Ainsi, dans leur étude sur les populations des réseaux trophiques endogés dans deux systèmes de culture contrastés (conventionnel et intégré : moins d'intrants, labourage moins profond, apport de compost), où ils ont observé les différents groupes d'organismes toutes les six semaines pendant un an, Zwart *et al.* (1994) observent que la plupart des groupes d'organismes étudiés ont des biomasses plus importantes dans les parcelles en gestion intégrée que dans les parcelles en gestion conventionnelle. Ces résultats sont significatifs pour les nématodes microphages (bactérovores et fongivores), les nématodes phytophages et les vers de terre. Les auteurs expliquent cette différence par le fait qu'il y ait une quantité de matière organique plus importante dans les parcelles en gestion intégrée (Zwart *et al.* 1994). Dans le cadre de notre étude, les teneurs en matière organique ont été mesurées en parallèle (Dorel, données non publiées). Les résultats présentent une tendance à l'augmentation de la matière organique dans le traitement sous couverture végétale, ce qui suit donc les résultats de Zwart *et al.* (1994).

Blanchart *et al.* (2006) montrent, pour leur part, des résultats similaires à ceux de Zwart *et al.* (1994), mais dans une culture de maïs associée à une légumineuse (*Mucuna pruriens*). Ils expliquent de la même façon que la plante associée à la culture fournit une ressource de base, et donc une quantité de matière organique plus importante à la faune du sol (Blanchart *et al.* 2006). Dans une étude similaire, où les biomasses des organismes du sol apparaissent plus importantes dans un système sans labour avec succession (de soja et navet notamment), Maria de Aquino *et al.* (2008) expliquent cette augmentation par l'apport des résidus des précédentes cultures, spécialement quand une plus grande incorporation d'azote survient (notamment par les légumineuses). Ainsi, ces auteurs indiquent que ce sont les caractéristiques chimiques et le type de végétation qui contribuent favorablement à maintenir une densité et une diversité plus importante de la communauté des invertébrés du sol (Maria de Aquino *et al.* 2008).

D'une manière générale, nous avons vu que les résultats ne présentaient que des tendances, répondant positivement à l'hypothèse énoncée. Cet aspect de l'étude pourrait être dû à plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'échantillonnage de la faune du sol peut paraître insuffisant. En effet, pour étudier au mieux la complexité de la faune du sol présente dans cet écosystème particulier, il semble évident d'avoir un échantillonnage le plus exhaustif possible, afin d'en ressortir les informations les plus précises. Notre étude s'est basée sur un unique échantillonnage de la macrofaune et de la

mésafaune. L'ensemble de la biodiversité devrait être prise en compte, ceci incluant la nématofaune et la biomasse bactérienne notamment (Brussaard *et al.* 1997).

Les facteurs temps et climat peuvent fournir la seconde explication. L'échantillonnage s'est étalé sur une période de temps relativement longue (pour ce qui est de la macrofaune). Ensuite, le climat n'ayant pas été homogène tout au long de l'étude, il aurait peut-être fallu effectuer plusieurs échantillonnages, selon la saison (climat humide, climat sec) ; ou n'effectuer qu'un seul échantillonnage, mais sur une période très courte. De plus, ce genre d'étude nécessite dans la plupart des cas une expérimentation à long terme, pour pouvoir observer et suivre l'évolution de la faune du sol. Un aperçu de la faune à un temps *t* ne nous a probablement pas permis de répondre correctement aux objectifs qui étaient fixés. Comme le propose Hooper *et al.* (2005), il faut des expérimentations sur le terrain à long terme, pour être capable d'évaluer la stabilité temporelle du système, ainsi que des perturbations expérimentales pour estimer la réponse et le rétablissement à une gamme de changements. La conception et l'analyse de telles expérimentations doivent rendre compte des nombreux facteurs (climat, disponibilité des ressources et régimes des perturbations notamment) qui sont liés à la diversité des espèces (Hooper *et al.* 2005).

Enfin, on peut penser que l'absence de résultats significatifs peut être due à une absence de corrélations entre le compartiment de surface (correspondant aux plantes et à la litière) et le compartiment souterrain (macrofaune et mésofaune du sol). Dans ce sens, de nombreux auteurs donnent des explications à ce phénomène. Avant tout, la théorie trophique suggère que les organismes du sol peuvent être moins fortement influencés par la diversité retrouvée en surface, parce qu'ils sont davantage régulés par des contrôles descendants (top-down control), comme les prédateurs, à l'intérieur du réseau trophique du sol que par des contrôles ascendants (bottom-up control), comme la diversité des matières premières provenant de la végétation de surface (de Ruiter *et al.* 1995). Une autre hypothèse peut être avancée : la diversité d'un compartiment dépend de la composition plutôt que de la diversité des organismes de l'autre domaine (Hooper *et al.* 2000). Wardle *et al.* (1999) ont montré, dans une expérimentation localisée dans une prairie pérenne de Nouvelle-Zélande, qu'il n'existait pas de relation positive entre la diversité des plantes présentes et la diversité des groupes fonctionnels du sol. Ainsi, la diversité des organismes du sol est davantage reliée aux traits de la plante principale (et de la qualité de la matière première produite) qu'à la diversité de la communauté de plantes elle-même (Wardle *et al.* 1999).

Ensuite, en ce qui concerne les caractéristiques physiques, seule la teneur en eau apparaît plus importante significativement sous le traitement à couverture soja, et pour l'horizon de surface. Ceci va dans le sens de ce qui a été dit précédemment concernant l'apport d'une couverture végétale, cette dernière permettant de maintenir un sol plus humide (Wardle *et al.* 1995, Barros *et al.* 2002). Pour ce qui est de la densité apparente, la porosité apparaît significativement comme étant plus importante sous le traitement J, pour l'horizon de surface. Ceci pourrait être expliqué par une abondance plus

importante d'espèces de vers de terre appartenant au groupe fonctionnel des ingénieurs. Ceux-ci interagissent avec l'ensemble des processus physiques du sol, augmentant la porosité du sol et l'aération (Blanchart *et al.* 1999). Dans notre cas, le groupe des ingénieurs est légèrement plus abondant sous le traitement après jachère (annexe 4). Ceci pourrait donc expliquer le résultat obtenu. De plus, on note pour l'horizon de profondeur, que l'indice des vides et l'indice d'air ont tendance à être plus élevés dans le traitement à couverture végétale. Comme dans l'horizon de surface pour le traitement J, le résultat peut être expliqué par l'abondance des ingénieurs de l'écosystème, qui sont légèrement plus abondants sous le traitement S pour l'horizon de profondeur (annexe 4).

Concernant la stabilité des agrégats, la tendance est en faveur du traitement associé à *Neonotonia wightii*. Ces résultats se rapprochent donc de ceux de Blanchart *et al.* (2006), où l'apport de la légumineuse permet une plus grande stabilité des agrégats. Les auteurs expliquent ce résultat par l'augmentation très importante, qu'ils ont précédemment observé, de la densité et de la biomasse des vers de terre dans le traitement associé à la légumineuse. Cette augmentation favorise la production de déjections stables, qui améliorent la résistance à l'érosion et la protection physique de la matière organique (Blanchart *et al.* 2006). Cependant, ce n'est pas le cas dans notre étude, comme nous l'avons vu précédemment. Une explication possible peut être donnée par les abondances des espèces compactantes et décompactantes (annexe 5). En effet, les espèces compactantes, sous le traitement à couverture végétale, ont tendance à être plus abondantes que les espèces décompactantes, alors que sous le traitement après jachère, les deux communautés sont bien équilibrées. Ceci suggère que la dominance des espèces compactantes pourrait permettre d'observer des agrégats plus gros, avec une meilleure stabilité.

Enfin, rien ne montre, dans notre étude, qu'il pourrait exister une corrélation entre les données physiques et biologiques. En effet, les analyses multidimensionnelles ne montrent aucune corrélation entre les données physiques et l'agencement des sous-parcelles étudiées par rapport à la richesse spécifique. De plus, lors d'un test préliminaire, une analyse en composantes principales (ACP), sur l'abondance de la macrofaune et les données physiques dans l'horizon de surface, montrait clairement qu'il n'y avait aucun lien entre les deux types de données (annexe 8). De nombreux auteurs présentent, pourtant, des corrélations significatives entre les caractéristiques physiques et la faune du sol, comme on l'a vu précédemment (Blanchart *et al.* 1990, 1999, 2006, Barros *et al.* 1996, Lafont 2004, Cole *et al.* 2006). Dans le cas des bananeraies, il y a très peu d'informations disponibles sur les interactions entre les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols où poussent les bananiers (Pattison *et al.* 2008). Néanmoins, ces derniers auteurs ont montré que l'ensemble de ces propriétés étaient significativement corrélées dans leur étude, comparant des bananeraies en culture conventionnelle et des bananeraies en culture « bio » (moins d'intrants, labours peu fréquents, utilisation d'engrais organiques, et de plantes inter-rangs). Ainsi, leur étude présente une augmentation significative du taux de carbone total et labile dans le sol de la bananeraie « bio », qui est fortement corrélé à la

stabilité des agrégats. Cette stabilité est corrélée positivement à l'abondance des vers de terre (Blanchart *et al.* 2006, Pattison *et al.* 2008).

La gestion intégrée des organismes du sol et des écosystèmes agricoles est un processus dont l'importance se joue sur l'ensemble des constituants du système. Cette gestion relie les ressources disponibles, le climat, les conditions socio-économiques et, par-dessus tout, l'implication directe des fermiers et autres acteurs dans l'identification et l'adaptation de pratiques de gestion optimales dans leur contexte propre (Brussaard *et al.* 2007). Les dernières années ont montré un intérêt croissant dans le développement de systèmes de production agricole innovants, présentant une meilleure utilisation des ressources naturelles et une diminution de la dépendance aux intrants. Dans ce contexte, les composantes clés de la stratégie pour une agriculture durable sont les organismes du sol, car ils jouent un rôle clé dans l'amélioration de la fertilité du sol et de la productivité (Barrios 2007).

5. Conclusion et perspectives

Notre étude, même si peu de résultats significatifs en ressortent, a permis de présenter certaines tendances encourageantes concernant les cultures innovantes dans les bananeraies. L'enjeu est très important, puisque le contexte socio-économique doit encourager les acteurs de la filière banane à concevoir des systèmes de culture durables, mais néanmoins productifs, et surtout respectueux de l'environnement. Ceci amène à considérer la biodiversité naturelle présente comme un acteur fondamental de la bonne marche du système. En effet, l'ensemble des fonctions que l'on substitue à la nature par tout un cortège d'intrants et de technologies onéreuses, sont naturellement effectuées par les organismes du sol. Ainsi, « la biodiversité n'est pas une menace pour l'agriculture ; c'est la clé de sa durabilité » (Perrings *et al.* 2006).

Dans le cadre des bananeraies, il faudrait ainsi poursuivre ce genre d'étude, en suivant tout d'abord l'évolution de la faune du sol, dans un processus holistique, prenant en compte tous les aspects qui structurent et stabilisent le système. De plus, il serait intéressant de tester d'autres plantes de couverture, ou d'intégrer une culture associée, ou encore de combiner plusieurs pratiques innovantes (plante de couverture, pas de travail du sol, semis direct, utilisation de déchets verts, etc.). Ceci permettrait alors de rapprocher ce système anthropisé d'un système plus naturel.

6. Références bibliographiques

- Anderson, J. M. & Ingram, J. S. I. (1993). TSBF: A handbook of Methods, second edition. Wallingford, CAB international.
- Andrén, O. & Balandreau, J. (1999). Biodiversity and soil functioning - From black box to can of worms? Applied Soil Ecology **13**(2): 105-108.
- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. Ecological Economics **64**: 269-285.
- Barros, E., Blanchart, E., Desjardins, T., Fernandez, E., Matos, J., Neves, A., Sarrazin, M., Chauvel, A. & Lavelle, P. (1996). Relação entre a macrofauna e a agregação do solo em tres sistemas na Amazonia Central. XIII Latino-American Congress of Soil Science "solo-Suelo 96".
- Barros, E., Curmi, P., Hallaire, V., Chauvel, A. & Lavelle, P. (2001). The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. Geoderma **100**(1-2): 193-213.
- Barros, E., Pashanasi, B., Constantino, R. & Lavelle, P. (2002). Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. Biology and fertility of soils **35**: 338-347.
- Barros, E., Neves, A., Blanchart, E., Fernandes, E. C. M., Wandelli, E. & Lavelle, P. (2003). Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. Pedobiologia **47**(3): 273-280.
- Barros, E., Grimaldi, M., Sarrazin, M., Chauvel, A., Mitja, D., Desjardins, T. & Lavelle, P. (2004). Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. Applied Soil Ecology **26**: 157-168.
- Blanchart, E., Lavelle, P. & Spain, A. V. (1990). Effects of biomass and size of *Millsonia anomala* (Oligochaeta: Acanthodrilidae) on particle aggregation in a tropical soil in the presence of *Panicum maximum* (Gramineae). Biology and fertility of soils **10**(2): 113-120.
- Blanchart, E., Albrecht, A., Alegre, J., Duboisset, A., Gilot, C., Pashanasi, B., Lavelle, P. & Brussaard, L. (1999). Effects of earthworms on soil structure and physical properties. Earthworm Management in Tropical Agroecosystems: 149-172.
- Blanchart, E., Albrecht, A., Brown, G., Decaëns, T., Duboisset, A., Lavelle, P., Mariani, L. & Roose, E. (2004). Effects of tropical endogeic earthworms on soil erosion. Agriculture, Ecosystems and Environment **104**: 303-315.
- Blanchart, E., Villenave, C., Viallatoux, A., Barthès, B., Girardin, C., Azontonde, A. & Feller, C. (2006). Long-term effect of a legume cover crop (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) on the communities of soil macrofauna and nematofauna, under maize cultivation, in southern Benin. European Journal of Soil Biology **42**(SUPPL. 1).
- Bray, J. R. & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecological Monographs **27**: 325-349.
- Brévault, T., Bikay, S., Maldès, J. M. & Naudin, K. (2007). Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. Soil and Tillage Research **97**(2): 140-149.
- Brussaard, L., Behan-Pelletier, V. M., Bignell, D. E., Brown, V. K., Didden, W., Folgarait, P., Fragoso, C., Freckman, D. W., Gupta, V. V. S. R., Hattori, T., Hawksworth, D. L., Klopatek, C., Lavelle, P., Malloch, D. W., Rusek, J., Söderström, B., Tiedje, J. M. & Virginia, R. A. (1997). Biodiversity and ecosystem functioning in soil. Ambio **26**(8): 563-570.

- Brussaard, L., de Ruiter, P. C. & Brown, G. G. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment **121**: 233-244.
- Byers, J. E., Cuddington, K., Jones, C. G., Talley, T. S., Hastings, A., Lambrinos, J. G., Crooks, J. A. & Wilson, W. G. (2006). Using ecosystem engineers to restore ecological systems. Trends in Ecology and Evolution **21**(9): 493-500.
- Cabidoche, Y. M., Clermont-Dauphin, C., Lafont, A., Sansoulet, J., Cattan, P., Achard, R., Caron, A. & Chabrier, C. (2006). Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : relation avec les systèmes de culture. AP « Pesticides » 2002 MEDD. APC R. f. d. c. d. recherche, INRA Antilles-Guyane: 99p.
- Caniquitte, S. (2008). Soil microbial community, soil aggregation and cropping system: study of their relationship. Natural Resource Sciences. Montréal, McGill. **PhD**: pp124.
- Chauvel, A., Grimaldi, M., Barros, E., Blanchart, E., Desjardins, T., Sarrazin, M. & Lavelle, P. (1999). Pasture damage by an Amazonian earthworm. Nature **398**: 32-33.
- Cole, L., Bradford, M. A., Shaw, P. J. A. & Bardgett, R. D. (2006). The abundance, richness and functional role of soil meso- and macrofauna in temperate grassland_A case study. Applied Soil Ecology **33**: 186-198.
- Coleman, D. C. (2008). From peds to paradoxes: Linkages between soil biota and their influences on ecological processes. Soil Biology and Biochemistry **40**: 271-289.
- Cucchi, A. (1998). Etude du Système d'Information d'une communauté de PME: les apports des méthodes MDS. Congrès International Francophone sur la PME. Nancy-Metz: pp19.
- de Barros, I., Blazy, J. M., Rodrigues, G. S., Tournebize, R. & Cinna, J. P. (2009). Emergy evaluation and economic performance of banana cropping systems in Guadeloupe (French West Indies). Agriculture, Ecosystems and Environment **129**: 437-449.
- de Ruiter, P. C., Neutel, A. M. & Moore, J. C. (1995). Energetics, patterns of interaction strengths, and stability in real ecosystems. Science **269**(5228): 1257-1260.
- de Ruiter, P. C., Neutel, A.-M. & Moore, J. C. (1998). Biodiversity in soil ecosystems: the role of energy flow and community stability. Applied Soil Ecology **10**: 217-228.
- Dorel, M. (2001). Effet des pratiques culturales sur les propriétés physiques des sols volcaniques de Guadeloupe et influence sur l'enracinement du bananier. Belgium, Université catholique de Louvain. **PhD**.
- DuPont, S. T., Ferris, H. & Van Horn, M. (2009). Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. Applied Soil Ecology **41**: 157-167.
- Duyck, P.-F., Pavoine, S., Tixier, P., Chabrier, C. & Quénéhervé, P. (in press). Host range as an axis of niche partitioning in the plant-feeding nematode community of banana agroecosystems. Soil Biology and Biochemistry **xxx**: 1-7.
- El-Hamdouchi, A. & Willett, P. (1986). Hierarchic document clustering using Ward's method. Annual ACM conference on Research and Development in Information Retrieval, New York, NY, USA, Proceedings of the 9th annual international ACM SIGIR conference on Research and Development in Information Retrieval.
- Ettema, C. H. & Wardle, D. A. (2002). Spatial soil ecology. Trends in Ecology and Evolution **17**: 177-183.
- Ferraro, D. O. & Ghersa, C. (2007). Exploring the natural and human-induced effects on the assemblage of soil microarthropod communities in Argentina. European Journal of Soil Biology **43**: 109-119.

- Frontier, S. (1983). L'Echantillonnage de la diversité spécifique. Stratégies d'Echantillonnage en Ecologie: 416-436.
- Giller, K. E., Beare, M. H., Lavelle, P., Izac, A. M. N. & Swift, M. J. (1997). Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Applied Soil Ecology **6**: 3-16.
- Grall, J. & Hily, C. (2003). "Traitement des données stationnelles (faune)." from http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT10-2003-01.pdf.
- Hénin, S. (1976). Cours de physique du sol. Paris, ORSTOM.
- Holland, S. M. (2008). "Non-metric Multidimensional Scaling (MDS)." from <http://www.uga.edu/~strata/software/pdf/mdsTutorial.pdf>.
- Hooper, D. U., Bignell, D. E., Brown, V. K., Brussaard, L., Dangerfield, J. M., Wall, D. H., Wardle, D. A., Coleman, D. C., Giller, K. E., Lavelle, P., Van Der Putten, W. H., De Ruiter, P. C., Rusek, J., Silver, W. L., Tiedje, J. M. & Wolters, V. (2000). Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: Patterns, mechanisms, and feedbacks. Bioscience **50**(12): 1049-1061.
- Hooper, D. U., Chapin Iii, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J. & Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. Ecological Monographs **75**(1): 3-35.
- Jones, C. G., Lawron, J. H. & Shachak, M. (1997). Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. Ecology **78**(7): 1946-1957.
- Kindt, R. & Coe, R. (2005). Chapter 5: Analysis of diversity. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi, World Agroforestry Centre (ICRAF): 57-60.
- Kladivko, E. J. (2001). Tillage systems and soil ecology. Soil and Tillage Research **61**: 61-76.
- Lafont, A. (2004). Interactions vers de terre-nématodes phytoparasites dans des bananeraies de la Guadeloupe., mémoire de DEA d'Ecologie de l'Université Paris VI.
- Lavelle, P., Barois, I., Blanchart, E., G., G. B., Brussaard, L., Decaëns, T., Fragoso, C., Jimenez, J. J., Kajondo, K. k., Martinez, M. d. l. A., Moreno, A., Pashanasi, B., Senapati, B. & Villenave, C. (1998). Les vers de terre, une ressource dans les agrosystèmes tropicaux. Nature et Ressources **34**: 26-41.
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P. & Rossi, J. P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. European Journal of Soil Biology **42**(SUPPL. 1).
- Le Bissonnais, Y. & Le Souder, C. (1995). Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. Etude et Gestion des sols **2**: 43-56.
- Lobry, J., Gascuel, D. & Domain, F. (2003). La biodiversité spécifique des ressources démersales du plateau continental guinéen: utilisation d'indices classiques pour un diagnostic sur l'évolution de l'écosystème. Aquatic Living Resources **16**: 59-68.
- Loranger, G., Ponge, J. F., Blanchart, E. & Lavelle, P. (1998). Influence of agricultural practices on arthropod communities in a vertisol (Martinique). European Journal of Soil Biology **34**(4): 157-165.
- MacFadyen, A. (1957). Continental ecology. Nature **179**(4559): 553-554.
- Maria de Aquino, A., Ferreira da Silva, R., Mercante, F. M., Fernandes Correia, M. E., de Fátima Guimarães, M. & Lavelle, P. (2008). Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. European Journal of Soil Biology **44**(2): 191-197.

- Pattison, A. B., Moody, P. W., Badcock, K. A., Smith, L. J., Armour, J. A., Rasiah, V., Cobon, J. A., Gulino, L.-M. & Mayer, R. (2008). Development of key soil health indicators for the Australian banana industry. Applied Soil Ecology **40**: 155-164.
- Perrings, C., Jackson, L., Bawa, K., Brussaard, L., Brush, S., Gavin, T., Papa, R., Pascual, U. & De Ruiter, P. (2006). Biodiversity in agricultural landscapes: Saving natural capital without losing interest. Conservation Biology **20**(2): 263-264.
- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology **13**(C): 131-144.
- Swift, M. J., Izac, A. M. N. & van Noordwijk, M. (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions ? Agriculture, Ecosystems and Environment **104**: 113-134.
- Thébault, E. & Loreau, M. (2006). The relationship between biodiversity and ecosystem functioning in food webs. Ecological Research **21**: 17-25.
- Velasquez, E., Lavelle, P. & Andrade, M. (2007). GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. Soil Biology and Biochemistry **39**(12): 3066-3080.
- Wardle, D. A., Yeates, G. W., Watson, R. N. & Nicholson, K. S. (1995). The detritus food-web and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agro-ecosystems. Plant and Soil **170**(1): 35-43.
- Wardle, D. A. (1999). How soil food webs make plants grow. Tree **14**: 418-420.
- Wardle, D. A., Nicholson, K. S., Bonner, K. I. & Yeates, G. W. (1999). Effects of agricultural intensification on soil-associated arthropod population dynamics, community structure, diversity and temporal variability over a seven-year period. Soil Biology and Biochemistry **31**(12): 1691-1706.
- Wolters, V., Silver, W. L., Bignell, D. E., Coleman, D. C., Lavelle, P., van der Putten, W. H., de Ruiter, P., Rusek, J., Wall, D. H., Wardle, D. A., Brussaard, L., Dangerfield, J. M., Brown, V. K., Giller, K. E., Hooper, D. U., Sala, O., Tiedje, J. & van Veen, J. (2000). Effects of global changes on above- and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: implications for ecosystem functioning. Bioscience **50**: 1089-1098.
- WRB, I. W. G. (2007). World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. Rome, World Soil Resources Reports. **103**.
- Zwart, K. B., Burgers, S. L. G. E., Bloem, J., Bouwman, L. A., Brussaard, L., Lebbink, G., Didden, W. A. M., Marinissen, J. C. Y., Vreeken-Buijs, M. J. & de Ruiter, P. C. (1994). Population dynamics in the belowground food webs in two different agricultural systems. Agriculture, Ecosystems and Environment **51**(1-2): 187-198.

Annexes

Annexe 1 : Détails du protocole du test de stabilité structurale du sol, adapté du test de Le Bissonnais & Le Souder (1995).

a. Préparation de l'échantillon

- Prélever le sol à une humidité voisine de la capacité au champ
- Tamiser l'échantillon de sol à 5mm
- Tamiser à 2mm
- Garder 100g environ d'agréats 2-5mm (refus tamis), jeter le reste
- Prélever une aliquote de 50g pour détermination de la teneur en eau (séchage à l'étuve 105°C)

b. Dessiccation-Humectation rapide

- Peser environ 10g d'agréats 2-5mm
- Faire sécher à l'étuve 60°C pendant 48h
- Verser les agrégats dans un bécher contenant 50ml d'eau distillée
- Laisser reposer 10mn
- Transférer les agrégats sur tamis 50µm immergé dans l'éthanol à l'aide de la pissette à éthanol
- Effectuer 10 mouvements hélicoïdaux
- Récupérer la fraction >50µm dans une coupelle en verre à l'aide de la pissette à éthanol
- Faire sécher 48h à 105°C

c. Distribution de la taille des agrégats

- Tamiser à sec les échantillons après séchage à 105°C sur une colonne de 6 tamis :
2mm → 1mm → 500µm → 200µm → 100µm → 50µm
- Peser chaque fraction.

Annexe 2 : abréviations et dénominations des espèces, morpho-espèces et groupes d'espèces pour la macrofaune et la mésofaune.

2a. Macrofaune

<u>Abréviation</u>	<u>Dénomination</u>
PIA	Plathelminthes
PIB	
MoAch	Mollusques Achatinae
MoVerA	Mollusques Veronicellidae
MoVerB	
AnOli P.cor	Annélides Oligochètes Pontoscolex corethrurus
AnOli A	morphoesp A
AnOli B	morphoesp B
AnAch	Annélides Achètes
Né	Nématodes
Ar A	Araneae
Ar B	
Ar C	
Ar D	
Ar E	
Ar F	
Myr Diu T	Myriapode diplopode iuliformia Trigonius corallinus
Myr Diu S	Spirostrophus naresi
Myr Diu A	Anadenobolus monilicornis
Myr Diu P	Pseudospirobolellus avernus
Myr Dpo O	Polydesmida Orthomorpha coarctata
Myr Dpo C	Chondromorpha xanthotricha
Myr Ch A	Chilopodes Géophiles
Myr Ch B	
CrI A	Crustacés Isopodes
CrI B	
Ico Sc	Insectes Coléoptères Scarabaeidae
Ico Ce	Cebrionidae
Ico St A	Staphylinidae
Ico St B	
Ide	Dermaptères
Ihé	Hémiptères
Ihy F Do	Hyménoptères Dorylinae
Ihy F Fo	Formicinae
Ihy F My	Myrmicinae
Ihy F Po	Ponerinae

Ior	Orthoptères
Idi	Dictyoptères
Ila Co	Larves du hanneton du bananier, <i>Phyllophaga pleei</i>
Ila Hy	Hyménoptères
Ila Lé	Lépidoptères
Ila Di	Diptères

2b. Mésofaune

Abréviation	Dénomination
<i>AcO</i>	Acariens Oribates
<i>AcGnU</i>	Acariens Gamases non uropodes
<i>AcGU</i>	Acariens Gamases uropodes
<i>AcAc</i>	Acariens Actinedida
<i>Ar</i>	Araignées
<i>CoArtE</i>	Collemboles Arthropléones Entomobryomorphes
<i>CoArtP</i>	Collemboles Arthropléones Poduromorphes
<i>CoSyS</i>	Collemboles Symphipléones Sminthuridae
<i>CoSyN</i>	Collemboles Symphipléones Neelidae
<i>ICoP</i>	Insectes Coléoptères Ptiliidae
<i>ICoSc</i>	Insectes Coléoptères Scydmaenidae
<i>ICoSt</i>	Insectes Coléoptères Staphylinidae
<i>IHyn</i>	Insectes Hyménoptères- <i>nymphes fourmis</i>
<i>Ihya</i>	Insectes Hyménoptères- <i>adultes fourmis</i>
<i>Ide</i>	Insectes Dermaptères
<i>CrI</i>	Crustacés Isopodes (cloportes)
<i>LD</i>	Larves Diptères
<i>LH</i>	Larves Hyménoptères
<i>MyC</i>	Myriapodes Chilopodes
<i>MyD</i>	Myriapodes Diplopodes
<i>MyP</i>	Myriapodes Pauropodes
<i>MyS</i>	Myriapodes Symphiles

Annexe 3 : Composition en espèces, morpho-espèces et groupes d'espèces des groupes trophiques (**en gras** : espèces de la macrofaune ; *en italique* : espèces de la mésofaune).

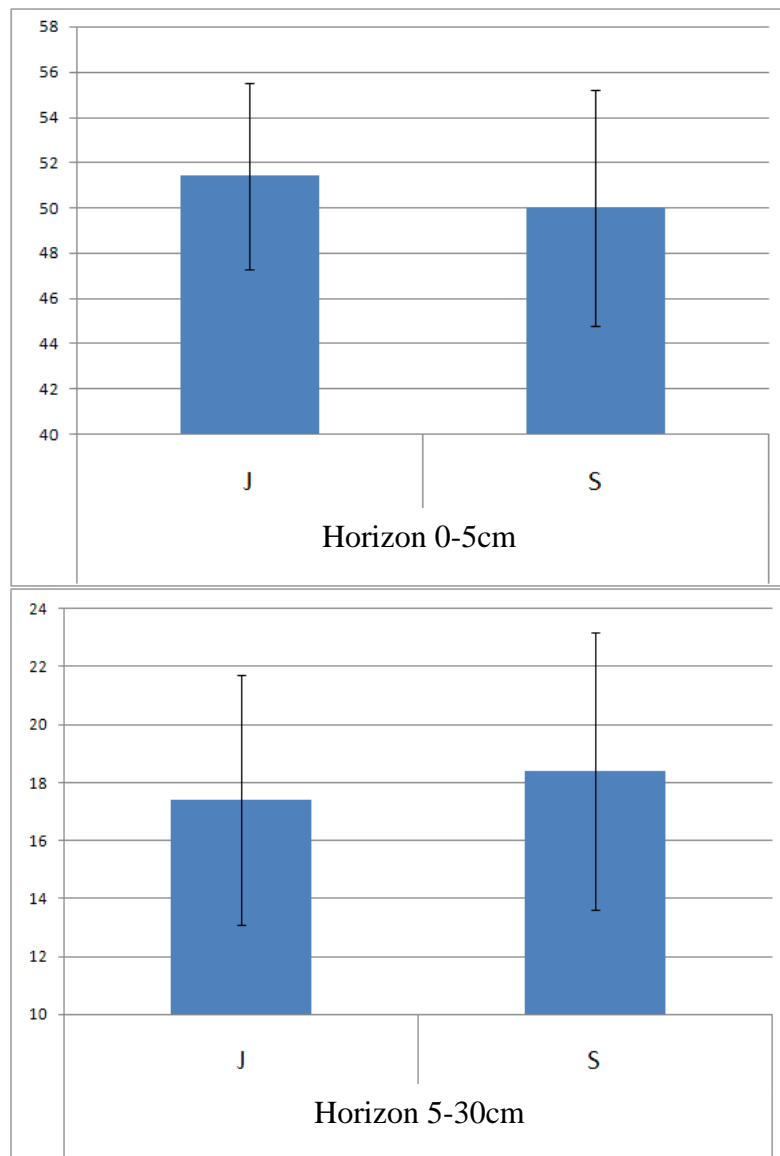
<u>Géophages</u>	<u>Saprophages</u>	<u>Phytophages</u>	<u>Microphages</u>	<u>Prédateurs</u>		<u>Polyphages</u>
AnOli P.cor	Myr Diu T	MoAch	<i>AcO</i>	Ar A	<i>Ar</i>	Ico Ce
AnOli A	Myr Diu S	MoVerA	<i>AcAc</i>	Ar B	<i>MyC</i>	Ihy F Fo
AnOli B	Myr Diu A	MoVerB	<i>CoArtE</i>	Ar C	<i>ICoSt</i>	Ihy F My
	Myr Diu P	Ico Sc	<i>CoArtP</i>	Ar D	<i>ICoSc</i>	Ihy F Po
	Myr Dpo O	Ior	<i>CoSyS</i>	Ar E	<i>Ide</i>	Ila Hy
	Myr Dpo C	Ila Lé	<i>CoSyN</i>	Ar F	<i>AcGnU</i>	<i>IHyn</i>
	Idi		<i>MyP</i>	Myr Ch A	<i>AcGU</i>	<i>Ihya</i>
	CrI A	<u>Rhizophages</u>		Myr Ch B		<i>LH</i>
	CrI B	Ihé		Ico St A		
	Ila Di	Ila Co		Ico St B		
	<i>MyD</i>			Ihy F Do		
	<i>MyS</i>			Ide		
	<i>ICoP</i>					
	<i>CrI</i>					
	<i>LD</i>					

Annexe 4 :

4a. Composition en espèces, morpho-espèces et groupes d'espèces des groupes fonctionnels
(**en gras** : espèces de la macrofaune ; *en italique* : espèces de la mésofaune).

<u>Ingénieurs</u>	<u>Transformateurs</u>			<u>Prédateurs</u>	
AnOli P.cor	Myr Diu T	MoVerA	<i>MyD</i>	Ar A	<i>Ar</i>
AnOli A	Myr Diu S	MoVerB	<i>MyS</i>	Ar B	<i>MyC</i>
AnOli B	Myr Diu A	Ico Sc	<i>ICoP</i>	Ar C	<i>ICoSt</i>
Ihy F Fo	Myr Diu P	Ior	<i>CrI</i>	Ar D	<i>ICoSc</i>
Ihy F My	Myr Dpo O	Ila Lé	<i>LD</i>	Ar E	<i>Ide</i>
Ihy F Po	Myr Dpo C		<i>AcO</i>	Ar F	<i>AcGnU</i>
Ila Hy	Idi		<i>AcAc</i>	Myr Ch A	<i>AcGU</i>
<i>IHyn</i>	CrI A		<i>CoArtE</i>	Myr Ch B	
<i>Ihya</i>	CrI B		<i>CoArtP</i>	Ico St A	
<i>LH</i>	Ila Di		<i>CoSyS</i>	Ico St B	
	Ihé		<i>CoSyN</i>	Ihy F Do	
	Ila Co		<i>MyP</i>	Ide	
	MoAch				

4b. Moyennes et erreurs-standards des abondances concernant les ingénieurs, pour les deux horizons.

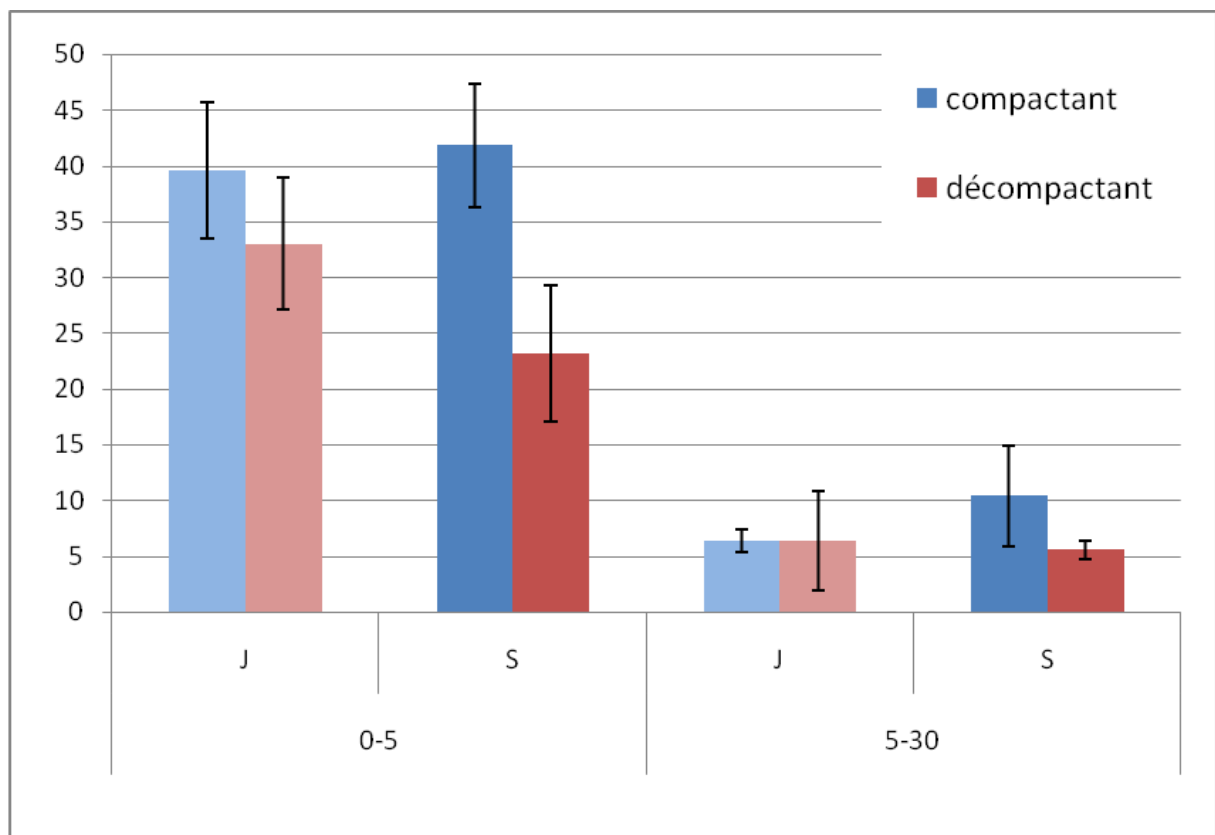


Annexe 5 :

5a. Composition en espèces, morpho-espèces et groupes d'espèces du regroupement en espèces compactantes et décompactantes.

- Espèce compactante : *Pontoscolex corethrurus* (AnOliP.cor)
- Espèces décompactantes : iules (Myr Diu T, Myr Diu S, Myr Diu A, Myr Diu P), fourmis (Ihy F Fo, Ihy F My, Ihy F Po) et autres vers de terre (AnOli A et B)

5b. Moyennes et erreurs-standards des abondances concernant les espèces compactantes et décompactantes, pour les deux traitements (après jachère J et sous couverture soja S) et pour les deux profondeurs étudiées.

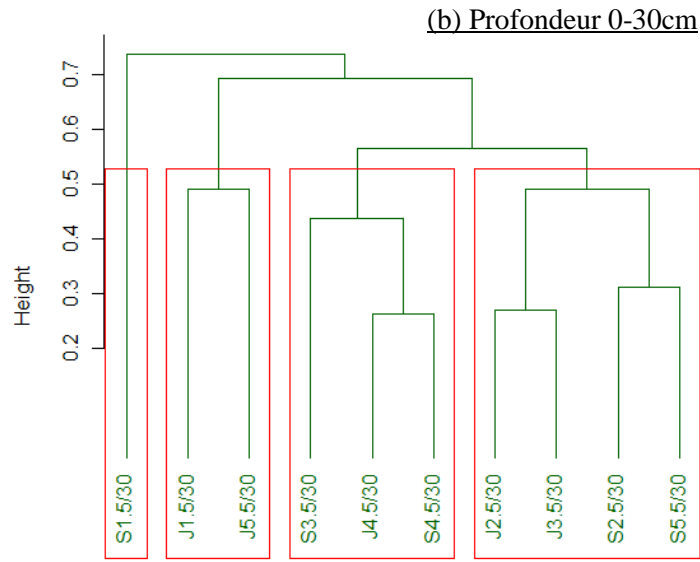
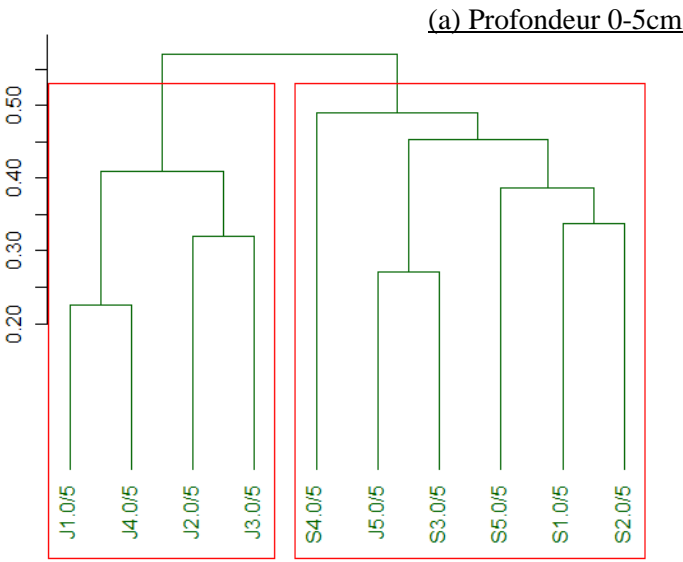


Annexe 6 : Moyennes et erreurs-standards de l'indice de Shannon calculé pour chaque sous-parcelle.

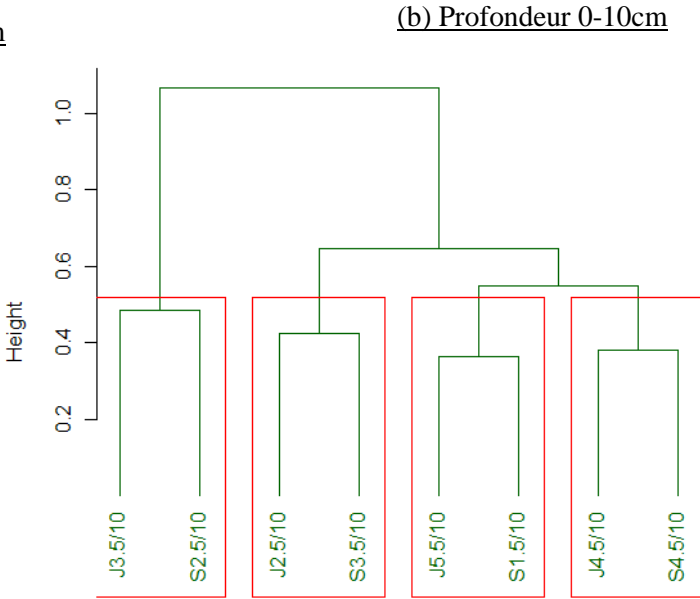
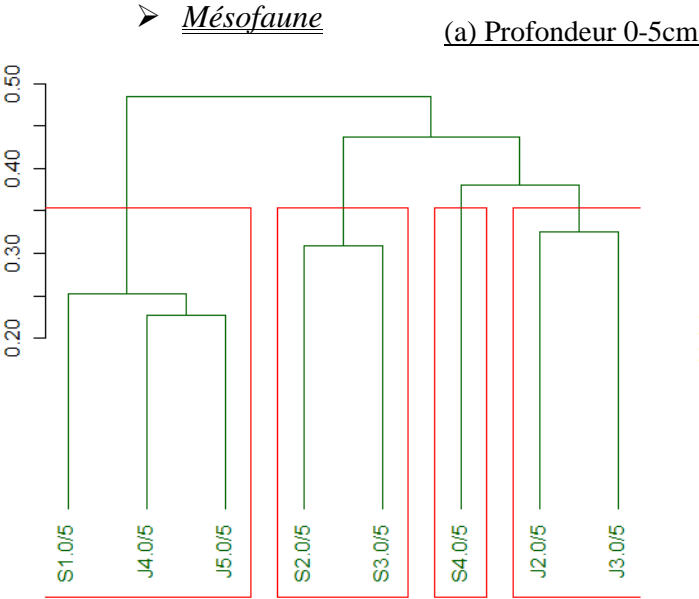
profondeur	traitement	Macrofaune	Mésafaune
0-5 cm	J	2,76 ± 0,13	2,35 ± 0,20
	S	2,55 ± 0,23	2,61 ± 0,16
5-30 cm	J	2,24 ± 0,19	1,99 ± 0,22
	S	2,06 ± 0,19	1,57 ± 0,50

Annexe 7 : Classifications ascendantes hiérarchiques, établies grâce au coefficient de Bray-Curtis.

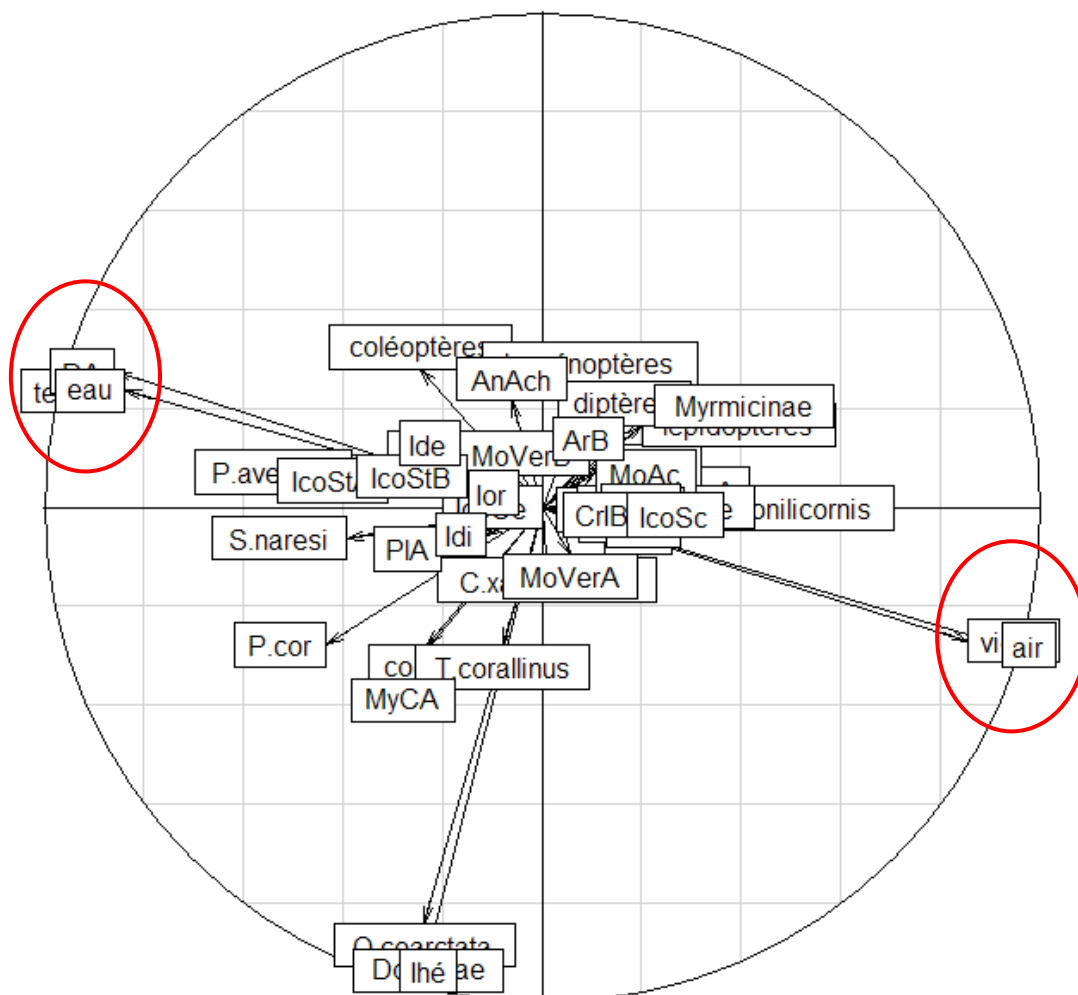
➤ Macrofaune



➤ Mésafaune



Annexe 8 : Cercle de corrélation issu de l'Analyse en Composantes Principales (axes 1 et 2 : 21% de l'information) concernant la macrofaune pour l'horizon de surface. Représentation des variables : abondances (log) des espèces, morpho-espèces et groupes d'espèces ; densité apparente (DA) ; teneur en eau (TE), indices : vides ; eau ; air (en rouge)).



UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE

FACULTÉ DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES

Résumé :

Dans les agroécosystèmes, le sol et la communauté biotique qui y vit sont les principaux acteurs de la bonne marche du système. A l'heure actuelle, connaissant les problèmes liés à la culture de banane *Musa acuminata*, ces deux constituants se doivent d'être mieux considérés, étudiés et protégés, afin de garantir un rendement optimal pour la culture, tout en étant respectueux de l'environnement. Une parcelle expérimentale a été mise en place par la station CIRAD de Neufchâteau afin de caractériser et de comparer une culture conventionnelle et une culture innovante. Cette dernière représente l'association de la banane à la plante de couverture *Neonotonia wightii* (Fabaceae). Dans ces deux systèmes de culture, la macrofaune et mésofaune du sol, ainsi que différentes propriétés physiques du sol ont été observées et comparées. On note que d'une manière générale, le système est bien diversifié au niveau faunistique, et apparaît comme étant relativement stable. Nos résultats, bien que n'étant pas significatifs, montrent des tendances positives en faveur de la culture associée à la couverture végétale. Ceci suggère qu'il faut poursuivre les études dans ce sens, en tenant compte de tous les autres composants de la faune et microflore du sol, les caractéristiques chimiques du sol, ainsi que des facteurs environnementaux. De plus, l'expérimentation pourrait être intégrée dans une étude à long terme, en testant d'autres systèmes de culture innovants.

Mots clés : macrofaune, mésofaune, propriétés physiques du sol, *Neonotonia wightii*, *Musa acuminata*.

Abstract :

In agroecosystems, soil and its biota are the keys of the system performances. Now days, knowing issues linked to banana plantation *Musa acuminata*, these both components have to be more appreciated, studied and protected, in order to assure optimal productivity, with an environmental respect. An experimental field has been conducted at the CIRAD's station of Neufchâteau, with the purpose of characterizing and comparing a conventional and an innovating farming systems. The latter system presents an association between banana and cover crop *Neonotonia wightii* (Fabaceae). In both of these farming systems, macrofauna and mesofauna of the soil, and different physical soil properties have been examined and confronted. In general, we noted that system is well diversified in fauna level, and seems to be relatively stable. Although they are not significant, our results showed some positive trends in favor of the associated farming system with cover crop. These results imply that studies should be carrying out in this way, considering whole system including soil fauna and microbial components, soil chemical properties, and also environmental factors. Furthermore, this experimentation could be integrated in a long term study, considering others innovating farming systems.

Keywords : macrofauna, mesofauna, physical soil properties, *Neonotonia wightii*, *Musa acuminata*.